

Année 1965

N°

4

THESE

pour le

DOCTORAT EN MÉDECINE

(Diplôme d'État)

PAR

GILBERTE MICHELLE SANTELLI

née le 29 Avril 1938 à Saint-Rémy sur Durolle (Puy-de-Dôme)

Présentée et soutenue publiquement

le 16 Février 1965

CONTRIBUTION A L'ETUDE DE L'HYGIENE ET DE LA PREVENTION DE LA SILICOSE DANS LES ATELIERS DE FONDERIE

Président :

Monsieur PETIT, Professeur

Membres du Jury :

M. BERNARD-GRIFFITHS, Professeur

MM. RENARD et CHAMPEIX, Professeurs agrégés

CLERMONT-FERRAND
IMPRIMERIE SAINT-ROBERT

1965



Digitized by the Internet Archive
in 2026



THESE

pour le

DOCTORAT EN MÉDECINE
(Diplôme d'État)

PAR

GILBERTE MICHELLE SANTELLI

née le 29 Avril 1938 à Saint-Rémy sur Durolle (Puy-de-Dôme)

Présentée et soutenue publiquement
le 16 Février 1965

CONTRIBUTION A L'ETUDE DE L'HYGIENE ET DE LA PREVENTION DE LA SILICOSE DANS LES ATELIERS DE FONDERIE

Président :

Monsieur PETIT, Professeur

Membres du Jury :

M. BERNARD-GRIFFITHS, Professeur
MM. RENARD et CHAMPEIX, Professeurs agrégés



UNIVERSITÉ DE CLERMONT

FACULTÉ MIXTE DE MÉDECINE ET DE PHARMACIE

Doyen : M^r R. CUVELIER.

Directeur honoraire : M^r MERLE.

Professeurs honoraires :

Assesseur : M^r COULET.

M^{me} BLANQUET, MM. BUREAU,
FOURNIER et GAUTHIER.

I. Professeurs titulaires.

MM. BARRIER	Clinique chirurgicale A.
BAUDON	Clinique obstétricale.
BERGERON	Pathologie médicale.
BERNARD-GRIFFITHS	Clinique médicale A.
COULET	Botanique et Microbiologie.
CUVELIER	Hydrologie et Climatologie.
DASTUGUE	Chimie biologique et Pharmacodynamie.
DAUPHIN	Chimie pharmaceutique et Toxicologie.
GRAS	Thérapeutique.
JACQUEMET	Technique chirurgicale.
LATAIX	Pathologie chirurgicale.
MEYNIEL	Biophysique médicale.
MOLINA	Clinique pneumo-ptisiologique.
PETIT	Médecine légale et Médecine sociale.
POURRAT	Matière médicale.
ROUHER	Clinique ophtalmologique.
TERRASSE	Clinique médicale B.
THIEBLOT	Physiologie.
TRONCHE	Pharmacie chimique.
TURCHINI	Histologie et Embryologie.
VAURS	Bactériologie et Hygiène.
WILLEMIN-CLOG	Clinique médicale infantile.

II. Professeurs sans chaire.

MM. BASTIDE	Sciences naturelles.
DUCHENE-MARULLAZ	Physiologie.
FEBVRE	Pharmacie galénique.
GERMAIN	Clinique chirurgicale B.
POROT	Neurologie et Psychiatrie.

III. Maîtres de Conférences agrégés.

MM. ALFIERI	Physique médicale.
BERGER	Chimie analytique.
BOSSY	Anatomie.
M ^{me} CHATONIER	Chimie minérale et Minéralogie.
MM. CLUZEL	Bactériologie.
DEBREUX	Biochimie médicale.
DELAGE	Anatomie pathologique.
M ^{mes} GAILLARD	Physique pharmaceutique.
MOINADE	Médecine générale et Thérapeutique.
M. PIGNIDE	Médecine générale.

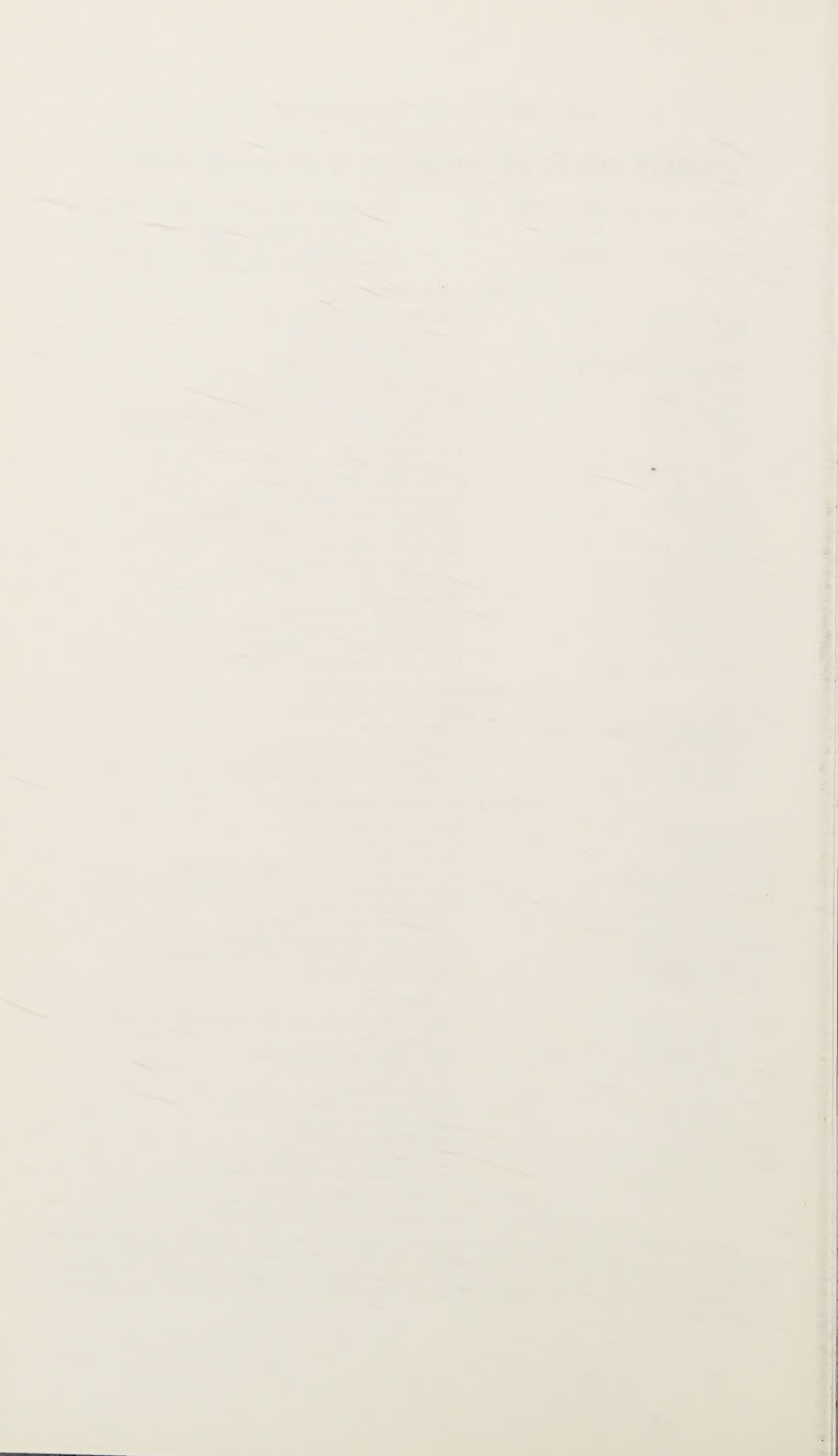
IV. Agrégés.

MM. CHAMPEIX	Médecine légale et Médecine du travail.
FOURRIER	Orthopédie.
HOUDARD	Chirurgie générale.
JALLUT	Médecine générale.
JANNY	Neuro-chirurgie.
MENUT	Pédiatrie et Puériculture.
MERCIER	Chirurgie générale.
M ^{me} RAMON	Médecine générale.
MM. RENARD	Pneumo-ptisiologie.
TOURNILHAC	Neurologie et Psychiatrie.

Secrétaire principal : M. BERTHON.

Bibliothécaire universitaire : M. ARCHIMBAUD.

La Faculté décide que les opinions émises dans les travaux et mémoires présentés à l'occasion d'une soutenance de thèse de doctorat en médecine ou en pharmacie doivent être considérées comme propres à leurs auteurs et qu'elle n'entend leur donner, ni approbation ni improbation. (Délibération en date du 6 juin 1956.)



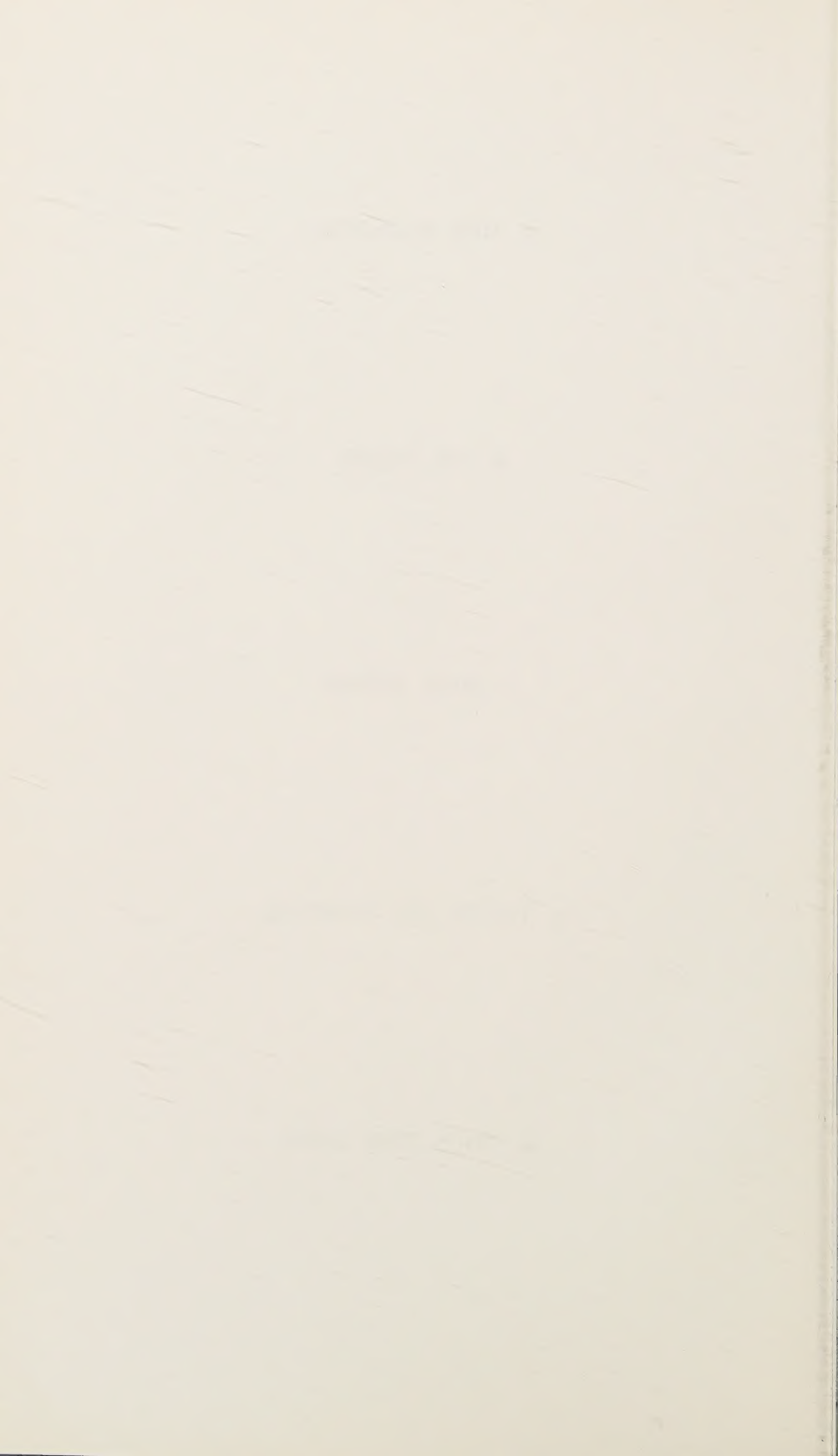
A MES PARENTS

A MA SŒUR

A MON FRÈRE

A TOUTE MA FAMILLE

A TOUS MES AMIS



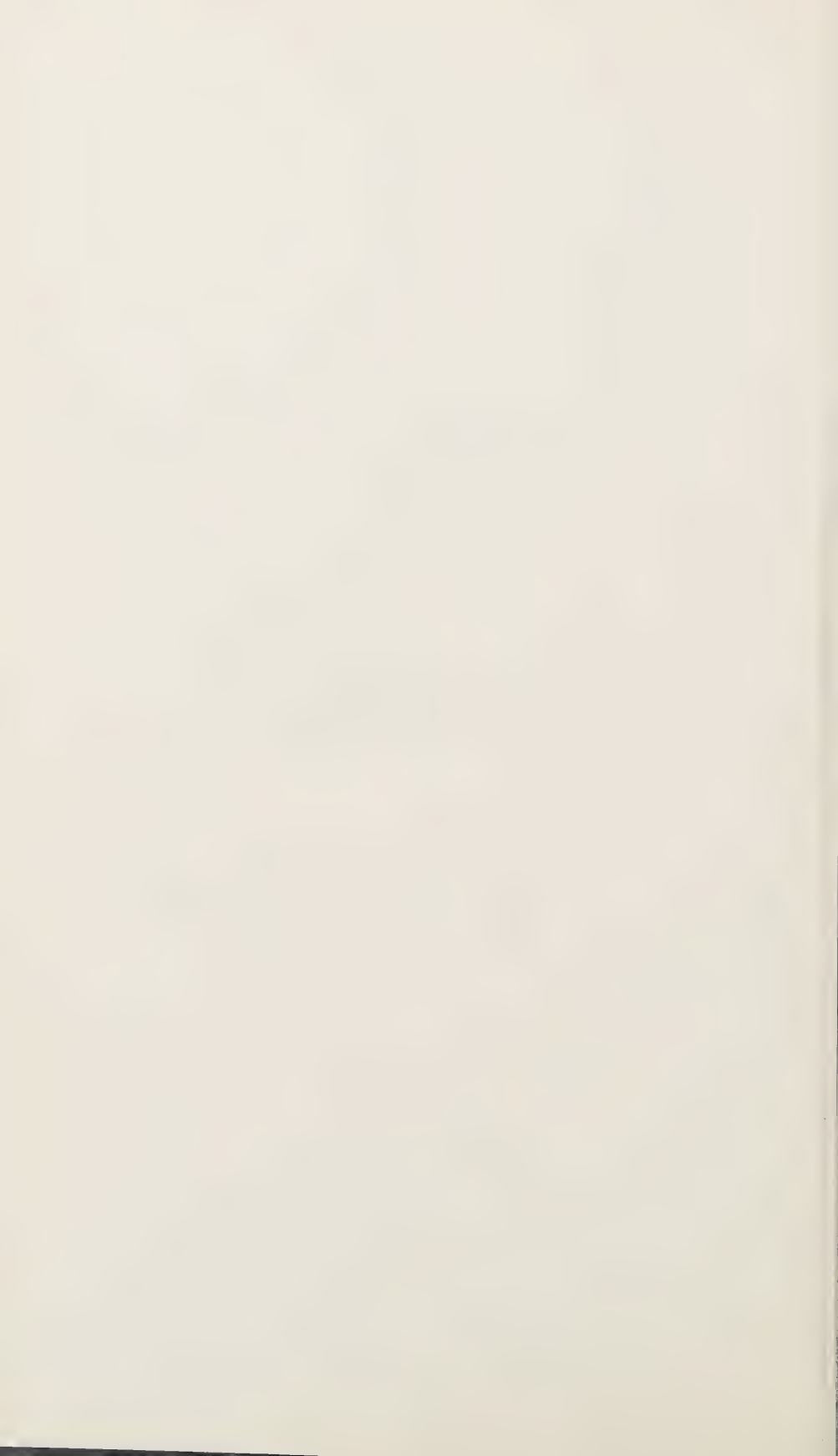
A NOTRE PRÉSIDENT DE THÈSE

Monsieur le Professeur PETIT,

Professeur de Médecine légale
et de Médecine sociale,
Médecin des Hôpitaux,
Officier des Palmes académiques,
Chevalier de la Légion d'honneur.

*Il nous a fait l'honneur d'accepter la présidence
de cette thèse.*

*Nous sommes heureux de lui témoigner ici
notre respectueuse reconnaissance.*



A NOTRE JURY DE THÈSE

Monsieur le Professeur BERNARD-GRIFFITHS,

Professeur de Clinique médicale,
Médecin des Hôpitaux,
Chevalier de la Légion d'honneur,
Officier des Palmes académiques.

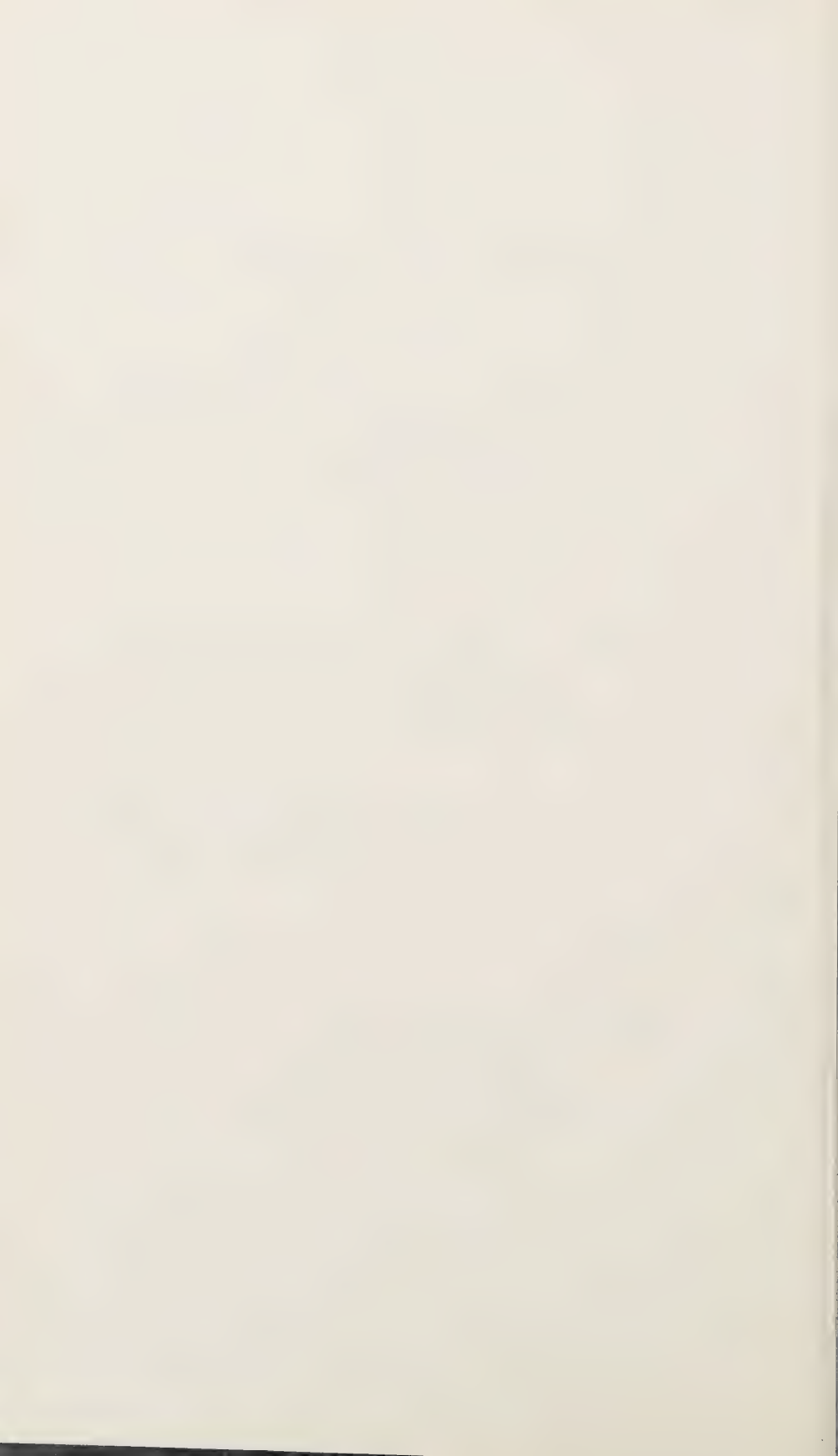
Monsieur le Professeur agrégé CHAMPEIX,

Agrégé de Médecine légale
et de Médecine du Travail,
Chevalier des Palmes académiques.

*Nous avons eu l'aide précieuse de ses conseils
pour réaliser ce travail qu'il nous a inspiré.
Nous lui exprimons ici notre respect et notre
gratitude.*

Monsieur le Professeur agrégé RENARD,

Agrégé de Pneumo-phtisiologie,
Médecin des Hôpitaux,
Chevalier de la Santé publique,
Officier des Palmes académiques.

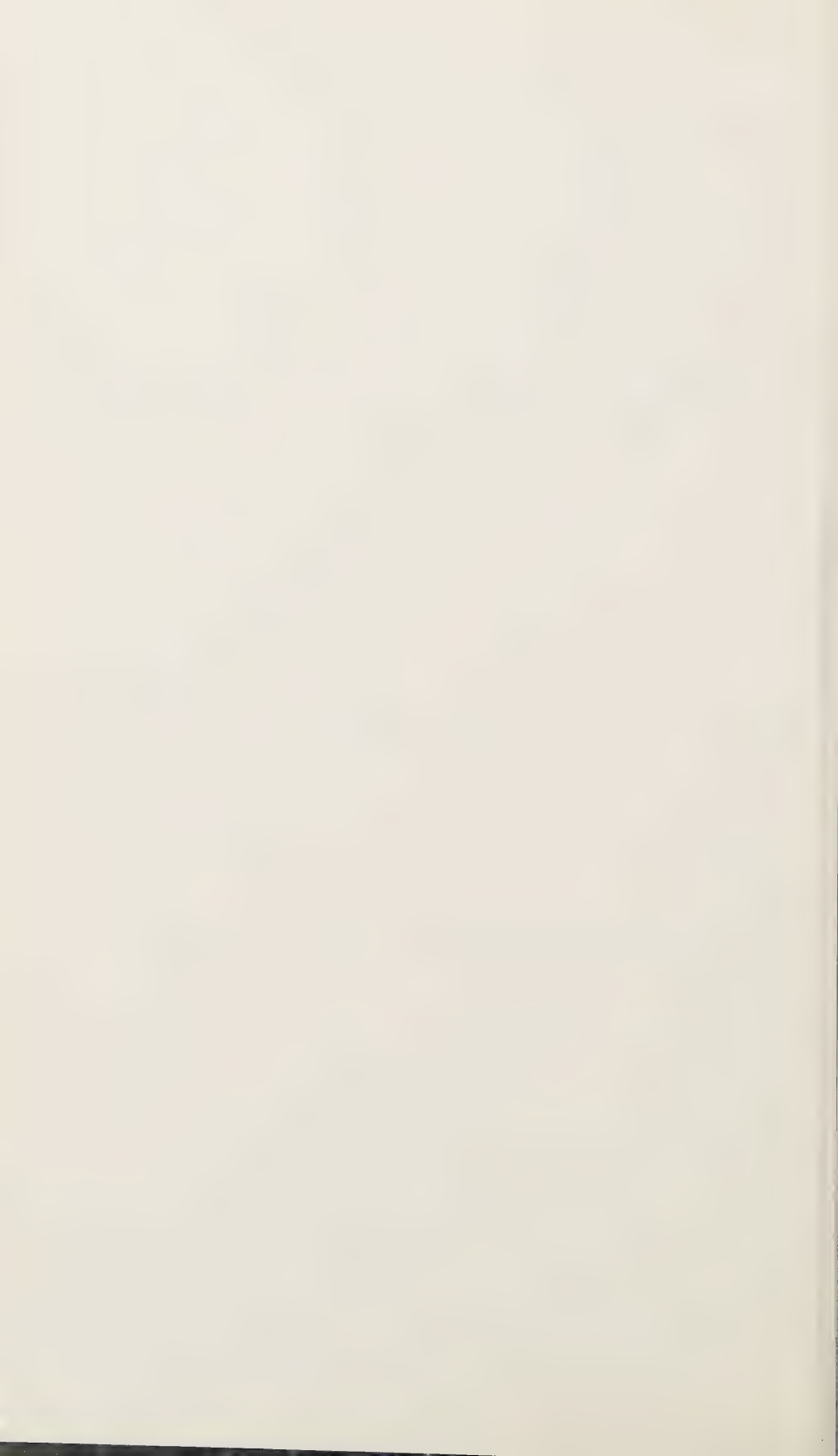


A NOS MAITRES DE LA FACULTÉ DE MÉDECINE
ET DES HOPITAUX DE CLERMONT

A Monsieur le Docteur JAUBERT

En témoignage de gratitude pour l'aide précieuse qu'il nous a apportée dans la rédaction de cette thèse.

AUX MÉDECINS DES HOPITAUX DU PUY



PLAN

CONTRIBUTION A L'ETUDE DE L'HYGIENE ET DE LA PREVENTION DE LA SILICOSE DANS LES ATELIERS DE FONDERIE

INTRODUCTION.

I. ASPECT TECHNIQUE.

A. FONDERIES.

- Historique.
- Actuellement.

B. POUSSIÈRES.

- Définition.
- Généralités sur leur nocivité (physio-patho).
- Origine des poussières :
 - Bois.
 - Siliceuses → silicose.
 - Métalliques.
 - Carbone.

C. ÉTUDE DU RISQUE DANS UN ATELIER DE FONDERIE.

- Généralités :
 - Appareils → quantité.
 - Appareils → qualité (silice libre).
 - Appréciation du risque.
- Enquête dans différents types de fonderies :
 - Résultats.
 - Discussion.
- Dans une fonderie d'aciers dits " spéciaux ".

II. ASPECT MÉDICAL : Pathologie due aux différentes poussières.

A. SILICEUSES.

- Pathologie. - Observations. - Statistiques.

B. CARBONE.

C. MÉTALLIQUES.

D. MIXTES.

III. PRÉVENTION.

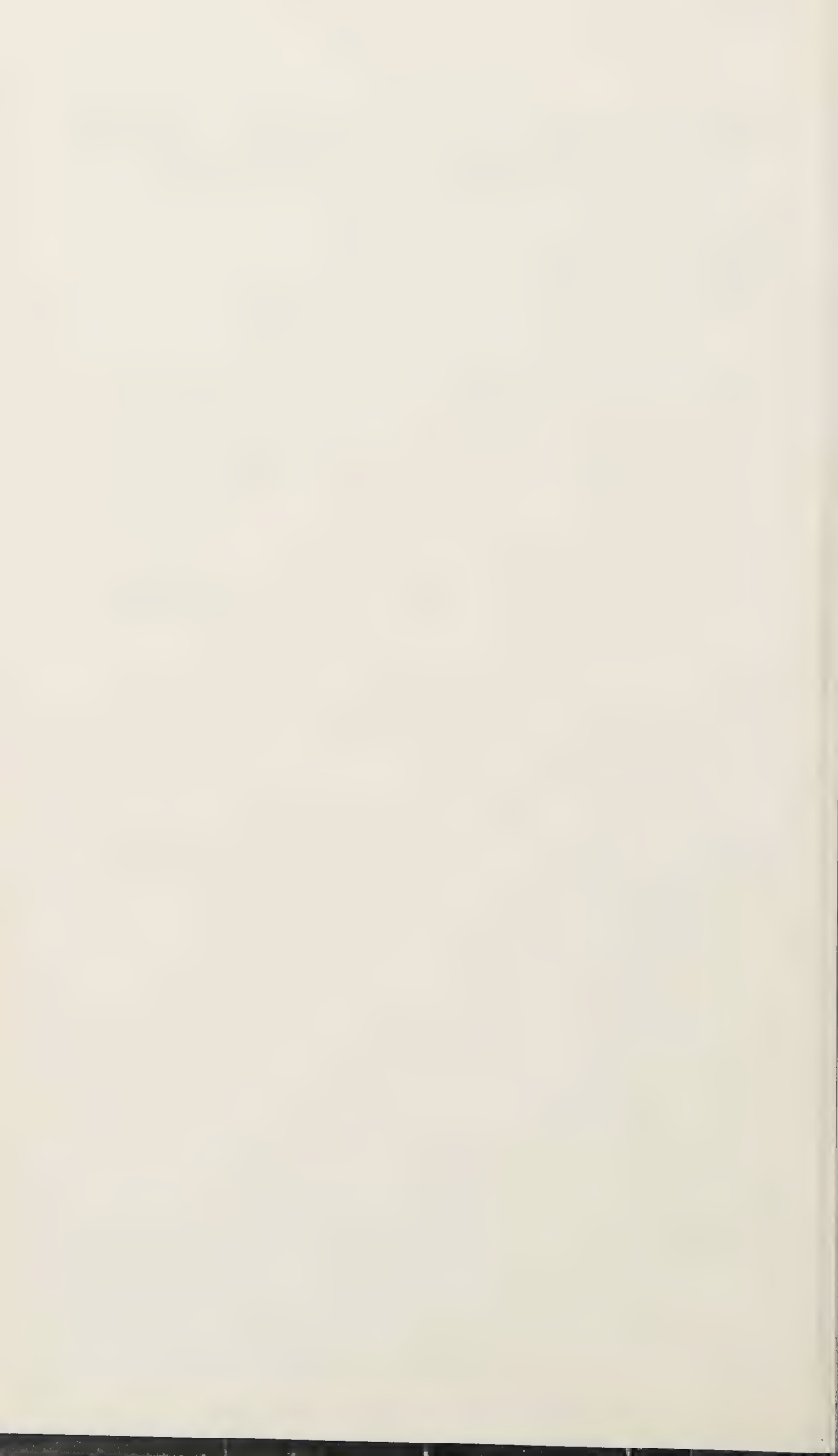
A. TECHNIQUE.

B. BIOCHIMIQUE.

C. MÉDICALE.

CONCLUSIONS.

BIBLIOGRAPHIE.

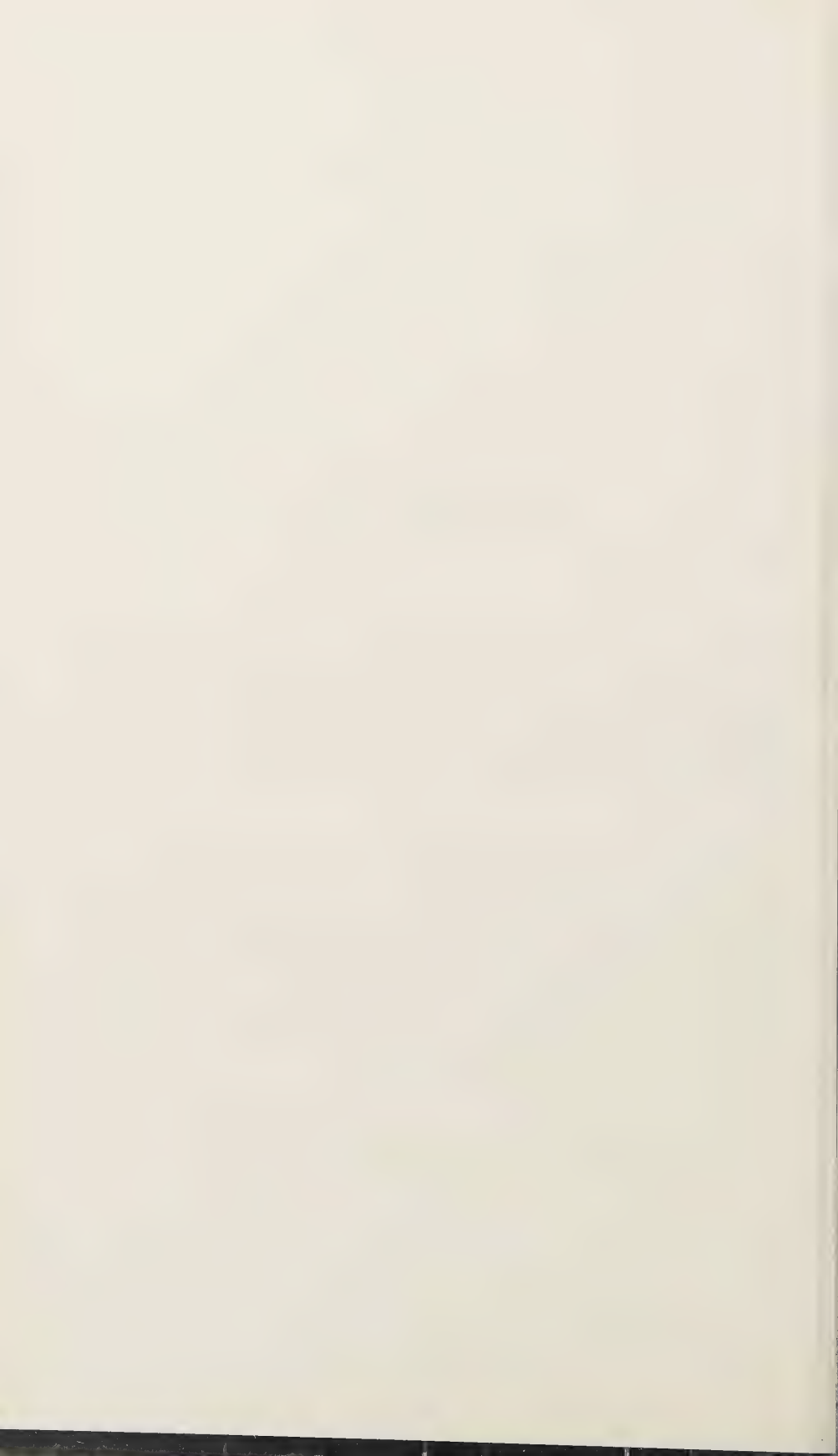


INTRODUCTION

Parmi les nuisances professionnelles que s'attache à réduire la médecine du travail, celles dues à l'empoussièrément se trouvent au premier plan des préoccupations de l'hygiéniste. Il s'agit certes d'une lutte qui passionne moins l'opinion publique que celle engagée contre certains autres éléments, telles les fumées dont les panaches rougeâtres inquiètent particulièrement l'esprit des populations dans les zones industrielles.

Si certaines activités sont génératrices d'un empoussièrément considérable (cimenteries, carrières, mines, etc.), il en est qui occupent en ce domaine une place plus modeste, mais qui n'en est pas pour autant négligeable. Nombre de postes de sidérurgie soumettent l'ouvrier à l'action constante des poussières. C'est ainsi qu'un atelier de fonderie de la région nous a permis de nous pencher sur ce problème, qui doit être envisagé sous l'angle de l'hygiène générale comme sous celui plus étroit de la lutte contre les maladies professionnelles, compte tenu des risques possibles de pneumoconioses, et particulièrement de silicose.

Nous envisagerons successivement l'aspect technique, l'aspect médical et le problème de la prévention.



CHAPITRE PREMIER

ASPECT TECHNIQUE

A. LA FONDERIE.

Cette technique consiste à élaborer des pièces en métal que l'on prépare à l'état liquide par chauffage et que l'on coule dans des moules. Le métal se solidifie dans ce moule qui donne à la pièce la forme désirée.

Et l'HISTOIRE de cette technique, de cet art, est tellement étonnante que nous allons un instant oublier le problème des poussières pour remonter les âges. Tout commence il y a... six mille ans, lorsque l'homme découvre un métal : le cuivre.

Un esprit eut-il l'idée merveilleuse de mettre en contact le feu et le métal ? Est-ce le hasard ? Toujours est-il, et l'on admet que c'est au sud du Caucase, que l'on voit une certaine terre mise au feu donner un résidu rouge : le cuivre.

Mille ans après, l'étain est ajouté au cuivre et l'on obtient l'airain, notre bronze actuel. C'est seulement mille cinq cents ans plus tard que l'on découvre le fer, toujours en Occident, dans le Caucase, mais là jamais on ne parviendra à fondre ce métal, alors que la fonderie est déjà très perfectionnée en ce qui concerne le bronze. Cela parce que l'on ne sait pas atteindre la température nécessaire: on reste incapable de dépasser 850°. Et l'on est étonné de constater que l'Occident attendra deux mille cinq cents ans avant de résoudre cette énigme: atteindre le seuil fatidique de 1 130°C.

Alors qu'en Orient, il y a plus de deux mille ans que l'on sait obtenir 1 250°, et cela parce qu'on a inventé le soufflet à piston à double action qui permet une combustion accélérée. Et c'est ainsi qu'il y a deux mille ans, les Chinois maniaient la métallurgie de la fonte avec virtuosité.

C'est seulement en 1350 que les métallurgistes rhénans et ceux du pays de Liège arrivent enfin pour la première fois à réduire le fer à l'état liquide. Et il faut remarquer que les voyages de Marco Polo en Chine ont précédé de peu: simple coïncidence ou relation de cause à effet ?

En 1722, Réaumur donne à l'industrie du fer son caractère scientifique: il fait des expériences rigoureuses et décrit des méthodes précises pour obtenir le fer fondu. Et c'est à partir de cette époque, donc très récemment puisqu'il n'y a pas deux cent cinquante ans, que la fonderie prendra un essor considérable, une importance énorme quand on pense qu'elle est à la base de tout ce qui roule, tout ce qui avance sur l'eau et dans l'eau, tout ce qui vole.

Nous avons vu que la FONDERIE consistait à couler du métal liquide dans des moules pour lui donner une certaine forme. Mais il nous paraît indispensable de connaître cette technique avec quelques détails pour comprendre pourquoi et à quel moment il y aura production de poussière :

Le moulage consiste à exécuter la forme extérieure dans laquelle sera coulée la pièce; le matériau le plus souvent employé est le sable argileux naturel. On utilise aussi le sable siliceux de base lié à l'aide d'une argile du type colloïdal.

Le sable au ciment est un sable synthétique dont le liant est du ciment.

On peut aussi utiliser des moules de sable siliceux lié à l'aide d'une résine synthétique: c'est le moulage "cronic".

Le noyau est la forme en sable qui servira à ménager, au moment de la coulée, les évidements de la pièce à façonner. Ces formes sont réalisées à l'atelier de noyautage à partir de sables souvent siliceux, liés à l'aide de produits organiques, minéraux, ou bien de résines synthétiques.

La coulée consiste à "couler" le métal en fusion dans les moules. Notons que la très haute température modifie la structure intime du moule au contact du métal fondu.

Au décochage, on brise le moule où a été coulée la pièce et on libère celle-ci.

Ensuite elle doit subir une certaine finition: Des grains de sable peuvent adhérer: ils sont enlevés, soit au burin ou à la meule, soit par sablage ou grenaillage; il faut séparer la pièce de son dispositif de coulée et enlever les bavures: c'est l'ébarbage. Il est effectué à la meule ou à l'outil.

Une fonderie a donc schématiquement :

— *une sablerie* où est manutentionné le sable: sable "neuf" et sable "usagé"; différentes catégories de sable y sont préparées, mélangées;

des postes de fabrication (moulage, noyautage, décochage);

des postes de finition (dessablage et ébarbage).

Remarquons déjà qu'à ces postes de finition, les grains de sable peuvent subir un écrasement mécanique.

Mais de nos jours ce travail de fonderie ne s'applique pas exclusivement au bronze et à la fonte. Cette technique est très différenciée et offre un large éventail de possibilités. Et, selon la nature des métaux utilisés, les poussières métalliques produites seront différentes. Il nous paraît donc souhaitable de voir quelles sont les grandes catégories de travaux de fonderie :

1° FONDERIE DE FONTE :

La fonte est une combinaison de fer et de carbone.

Eventuellement, certains métaux peuvent être inclus en faible quantité.

2° FONDERIE D'ACIER :

Les aciers sont aussi des alliages de fer et carbone, mais le carbone y est en quantité moindre.

Certains aciers sont améliorés par l'addition d'éléments spéciaux, en quantité qui n'est pas négligeable puisqu'elle peut atteindre 25 à 30 %. Ainsi on pourra utiliser nickel, chrome, cobalt, vanadium, manganèse, silicium, titane, tungstène, niobium.

3° FONDERIE D'ALLIAGES CUIVREUX :

Où le cuivre est évidemment l'élément essentiel auquel s'ajoutent, selon le cas, un ou plusieurs des éléments suivants: étain, plomb, aluminium, silicium, zinc, nickel, chrome, et même béryllium.

4° FONDERIE D'ALLIAGES LÉGERS ET EXTRA-LÉGERS :

Aluminium, silicium, magnésium et zinc interviennent.

Nous avons fait cette énumération fastidieuse pour montrer la diversité des matériaux employés, donc susceptibles d'être à l'origine de poussières de nature très variée. Selon le type de fonderie, les poussières seront différentes mais, pour cette étude, nous avons eu la possibilité d'accomplir un stage dans une fonderie d'acier.

Cependant, nous espérons pouvoir en tirer des conclusions générales car il s'agit d'aciers où sont ajoutés des éléments spéciaux, donc finalement le problème reste assez vaste.

Il est bien certain que dans une fonderie les nuisances possibles sont multiples: nous citerons le bruit, la chaleur, les fumées, mais nous nous limiterons exclusivement au problème des poussières.

B. LES POUSSIÈRES.

Il nous semble nécessaire de donner une DÉFINITION des poussières: ce sont de fines particules en suspension dans l'air. Elles sont de nature minérale ou organique. Nous envisagerons unique-

ment les particules minérales, qui seules existent dans les ateliers de fonderie. (Cependant nous ouvrirons une parenthèse en ce qui concerne les particules de bois.)

Les poussières sont susceptibles de provoquer des maladies très variées, toutes réunies sous le vocable de NOSOCONIOSES, lesquelles se distinguent en pneumoconioses, dermatoconioses, ophthalmococonioses, odontoconioses et allergococonioses, selon qu'elles affectent les poumons, la peau, les yeux, les dents, ou bien qu'elles déclenchent des manifestations allergiques.

Disons d'emblée que le problème majeur est bien celui des pneumoconioses, particulièrement dans les ateliers de fonderie.

En ce qui concerne ces pneumoconioses, il faut considérer les particules inférieures à 5 microns, ou même 3 microns. En effet, lorsque nous respirons, une partie des poussières est déjà rejetée à l'expiration. Une autre partie reste sur la muqueuse des voies aériennes: nez, larynx et arbre trachéobronchique. Elle sera ramenée au pharynx par les cils vibratiles. Seule sera pathogène la partie qui pénètre jusqu'aux alvéoles pulmonaires. On admet que, dans un poumon normal, seules les poussières d'un diamètre inférieur à 5 microns peuvent atteindre ces dernières ramifications aériennes et la rétention n'est vraiment considérable que pour celles inférieures à 3 microns.

Nous remarquons que les poussières dangereuses ne sont pas visibles à l'œil nu.

Pour ce qui est de la limite inférieure, on s'en tiendra à 0,5 micron, car la plupart des auteurs admettent qu'au-dessous de cette dimension les particules ne sont pas toxiques. Nous signalerons que le maximum de rétention alvéolaire semble se situer au voisinage de 1 micron, et que cette rétention diminue pour atteindre un minimum de 0,2 micron.

Les cellules à poussière phagocytent ces particules. Certaines sont éliminées par les bronchioles avec le mucus, d'autres par les vaisseaux lymphatiques. C'est l'autoépuration.

Mais le mécanisme d'autoépuration est parfois dépassé: il se produit alors une réaction pathologique du tissu pulmonaire. Cela dépend de plusieurs facteurs:

1° *Les poussières toxiques.*

L'amiante, le béryllium, provoquent une fibrose pulmonaire diffuse, mais nous n'en parlerons pas car le travail de fonderie n'expose pas à ce risque. La silice, sous sa forme de silice libre SiO_2 , a une action sclérosante sur le parenchyme pulmonaire. En effet, les cellules à poussière qui phagocytent des particules de silice perdent leurs propriétés migratrices et meurent. Tout autour, le

tissu conjonctif se sclérose. Il y a formation de nodules silicotiques qui s'accroissent progressivement. Ainsi apparaît cette redoutable maladie: la SILICOSE.

2° *Les poussières considérées comme non toxiques* sont phagocytées par les leucocytes qui s'accumulent et provoquent une fibrose des gaines péricartérielles et péribronchiques. Mais il est possible qu'elles soient responsables d'une insuffisance respiratoire chronique après de longues années d'exposition. De plus, il est évident qu'il y a des réactions différentes selon les individus.

Sur un chantier, dans un atelier, les ouvriers sont impressionnés par les "grosses" poussières, celles qu'ils voient. En fait, celles-là ne présentent aucun danger pour le parenchyme pulmonaire. Leur menace est minime: ce sont elles qui sont responsables des exceptionnelles ophtalmoconioses ou dermatoconioses. Dans l'atelier où nous avons fait notre étude, quelques cas de dermatoconioses sont à signaler: il s'agissait d'hyperkératose palmaire, par manipulation de sables artificiels.

Les poussières les plus dangereuses sont donc les plus fines, et elles le sont d'autant plus qu'elles restent dans l'atmosphère: en effet, il a pu être établi qu'une particule de 5 microns de diamètre tombe dans un air calme vingt fois plus rapidement qu'une particule de 1 micron. Il en résulte que les particules susceptibles d'être absorbées et retenues par les poumons sont mises en mouvement par les plus petits courants d'air et restent en suspension dans l'atmosphère, et on ne les voit pas. Ces poussières, qui partent d'une source quelconque, se répandent dans tout l'atelier; c'est donc en réalité toute l'équipe qui y est exposée.

MAIS D'OU PROVIENNENT CES POUSSIÈRES ?

Les poussières de bois apparaissent lors de l'élaboration des modèles. Ce sont des pièces de bois de chêne ou de hêtre qui permettent de fabriquer les moules de sable argileux. Lors de la préparation de ces modèles, l'inhalation de poussières peut occasionner des maladies de l'appareil respiratoire.

Mais cet atelier est une annexe de la fonderie et c'est pour cette raison que nous nous bornons à citer le fait.

Les poussières siliceuses proviennent pour la plupart des sables de moulage. Elles sont responsables de silicose. L'origine des poussières en cause est représentée par l'élément argileux qui contient de la silice libre en plus des silicates qui lui confèrent son pouvoir liant.

• A la sablerie, on manutentionne une grosse masse de sable dont la teneur en silice est très variable selon le type de sable utilisé: certains sables fins naturels sont riches en argile, donc en silice libre. Le sable au ciment a pour liant le ciment, le sable synthétique une argile sans impuretés, donc peu de silice libre.

• Le noyautage fait appel à un sable siliceux à gros grains. Les poussières émises sont rares.

• Au moulage proprement dit, on utilise un sable humide, donc nous pouvons dire que le dégagement de poussières est peu important.

• Lors de la coulée, le contact du métal fondu avec le sable provoque un éclatement des grains, des changements dans la cristallisation: à 270° le quartz β se dilate en quartz α ; au-dessus de 1 000° le quartz se transforme en cristobalite et en tridymite, or la tridymite et la cristobalite tombent facilement en poussières et il s'agit de poussières dangereuses. D'autre part, l'argile du sable contient de la silice libre en plus ou moins grande quantité: la chaleur transforme les argiles et libère encore de la silice.

Un exemple précis met bien en évidence cette libération de silice par la chaleur: longtemps on a admis que la terre de diatomée était peu silicogène. Or, en 1956, un nombre très élevé de cas de silicose était apparu dans une usine traitant la terre de diatomée, cela parce qu'un élément nouveau était intervenu: la calcination à haute température.

On voit que la coulée a pour conséquence fâcheuse de rendre dangereux un élément qui au départ ne l'était pas, ou peu.

• Le décochage, habituellement réalisé sur des grilles vibrées, est un poste spectaculairement poussiéreux; il l'est beaucoup moins lorsqu'il est effectué manuellement avec une masse.

• Mais c'est la finition qui nous posera les problèmes les plus ardu. Nous pouvons dire qu'à elle seule elle représente trois sources d'émission de poussières :

Les grains de sable adhérents à la pièce.

Le moyen utilisé pour effectuer cette finition.

La pièce elle-même.

— En effet, les grains de sable restés adhérents à la pièce sont écrasés mécaniquement par la meule et se répandent dans l'atmosphère. (A l'outil, ce phénomène est moins important.)

— La meule elle-même s'use au contact de la pièce et répand de fines particules. Ce phénomène était très dangereux autrefois car les meules étaient en grès et dégageaient beaucoup de silice libre. On leur a substitué des meules en corindon, très riches en alumine: elles ne produisent pas de poussières siliceuses. Quant au sablage-grenaillage, il ne se fait plus au jet de sable, donc n'est plus responsable par lui-même d'émission de poussières siliceuses.

— La pièce qui subit la finition est certainement à l'origine d'une production de poussières métalliques. Une meule qui tourne

à 20 ou 25 mètres/seconde est une agression susceptible d'arracher de fines particules de métal, mais ce phénomène a sa place dans le chapitre suivant :

Les poussières métalliques se produisent elles aussi aux postes de finition: au meulage et au sablage-grenaillage.

Au meulage: En effet, si l'on regarde l'intérieur du carter de protection de la meule, on constate qu'un amalgame important se constitue à ce niveau: il est fait en grande partie de poussières métalliques; et il est bien évident que de toutes les particules métalliques arrachées à la pièce meulée une partie se répand aussi dans l'atmosphère, au même titre que les poussières siliceuses.

Au sablage-grenaillage, un jet de grenaille d'acier est projeté sur le métal. La meilleure preuve que cette grenaille est à l'origine de poussières métalliques est qu'elle s'use. En effet, on est obligé de la renouveler régulièrement.

Nous ne parlerons pas des vapeurs métalliques qui apparaissent pendant la fusion et la coulée.

Les poussières de carbone proviennent des noirs utilisés pour la fonderie de fonte.

REMARQUE. — Les poussières provoquées lors de la démolition ou de la construction des fours sont également dangereuses (verre quartz, tridymite et cristobalite).

C. ÉTUDE DU RISQUE DANS UN ATELIER DE FONDERIE.

La pollution se mesure à hauteur des voies respiratoires de l'ouvrier et se définit par deux paramètres :

- Le nombre au centimètre cube d'air de particules inférieures à 3 microns: en effet, ce sont les seules à parvenir jusqu'aux alvéoles pulmonaires; et supérieures à 0,5 micron, car au-dessous elles ne seraient pas nocives.
- La teneur en silice libre puisque c'est elle qui est toxique.

Les prélèvements sont effectués pendant l'activité normale du chantier, soit de façon continue, soit de façon discontinue: prélèvements répétés à intervalles réguliers, ce qui donne une moyenne acceptable.

Généralités concernant les différentes méthodes de mesure et l'appréciation du risque.

APPAREILS PERMETTANT LA DÉTERMINATION QUANTITATIVE DES EMPOUSSIÉRAGES.

- Les filtres: Ces instruments comprennent un dispositif d'aspiration, un filtre destiné à retenir les poussières, un débit-mètre pour mesurer la quantité d'air passée au travers du filtre. Dispositif

d'aspiration et débit-mètre peuvent être remplacés par une poire à main dont on connaît le volume aspiré; on note dans ce cas le nombre de coups de pompe donnés.

— Il existe des filtres solides. Une pesée différentielle est exécutée avant et après expérience.

— Les filtres solubles (type " du Bouchet " sont préparés à partir de tétrachloronaphtalène et sont solubles dans le benzol. Les particules recueillies peuvent être comptées et pesées après évaporation du liquide.

— Les filtres papier (par exemple, le Hand Pump du PRU) permettent un prélèvement discontinu très faible. Les poussières ne sont ni pesées ni dénombrées : on mesure la densité optique du papier chargé, ou plus simplement encore le pourcentage de lumière retenue ou transmise au travers du papier souillé.

• Les membranes cellulosiques millipores sont utilisées pour effectuer un prélèvement discontinu, faible, (environ 100 cc), en vue d'une numération sur le filtre lui-même.

Cette technique, bien que basée sur la filtration, ne présente pas les inconvénients d'une mise en suspension; permet l'examen au microscope sans élimination du support et fournit un échantillonnage plus représentatif. Ce filtre peut être rendu complètement transparent en utilisant diverses sortes de liquides, ce qui permet de fixer la catégorie des poussières recueillies au microscope par contraste de phases. Ce qui n'exclut pas la possibilité d'employer une méthode chimique.

Plusieurs appareils existent sur le marché : système Cerchar adaptable à l'appareil à filtre soluble, appareil à filtre Cerchar autonome, pompe AIB, pompe Dräger.

Le pouvoir d'arrêt de certaines de ces matières filtrantes est très élevé.

• Les cellules de sédimentation.

Le principe consiste à emprisonner une partie de l'air à examiner dans une enceinte fermée. L'air au repos se débarrasse de ses poussières qui se déposent par gravité sur des lames porte-objets placées à la partie inférieure du récipient.

• Appareils opérant par lavage ou barbotage.

Midget Impinger, Midget Simbler: L'air poussiéreux aspiré par un dispositif quelconque vient buter contre un obstacle en milieu liquide.

• Appareils à jet, basés sur la précipitation par impact.

Au moyen de ces instruments, on projette sur une lame de verre enduite d'un adhésif (ou non) les poussières contenues dans

un petit volume d'air généralement aspiré par une pompe à main. Les appareils les plus répandus sont les conimètres (en particulier Zeiss Konimeter).

- Appareils mesurant certaines propriétés optiques des nuages poussiéreux (Tyndallomètres).

- Précipitateurs électrostatiques.

- Précipitateurs thermiques: précipitation des poussières par thermodiffusion. Le fil chaud projette la poussière vers la plaque de verre froide.

MÉTHODES PERMETTANT L'APPRÉCIATION DE LA TENEUR EN SILICE LIBRE DES POUSSIÈRES.

La silice libre existe sous des formes diverses: cristalline ou amorphe, c'est-à-dire sous forme de quartz, cristobalite, tridymite, calcédoine et opale. Il est nécessaire de distinguer sous quelle forme est cette silice libre, car la nocivité est différente suivant la variété allotropique sous laquelle elle se présente.

- *Dosages minéralogiques.*

La méthode pétrographique classique est, pour le problème qui nous intéresse, sans aucune valeur puisqu'elle ne permet pas d'examiner des grains plus petits que 5 à 6 microns.

Deux nouvelles techniques permettent de reculer cette limite :

- La méthode de coloration par immersion sur fond sombre est applicable jusqu'à 2 microns.

- La méthode de coloration par immersion en contraste de phase permet d'identifier des grains de 1 micron.

Mais les poussières sont nocives jusqu'à 0,5 micron. Donc les dosages minéralogiques restent pour nous insuffisants.

- *Dosages physiques.*

- L'analyse thermique différentielle peut donner l'ordre de grandeur de la teneur en silice cristalline.

- L'analyse par diffraction aux rayons X nous semble essentielle: elle permet de doser les différentes variétés allotropiques de silice libre.

Le principe de la méthode consiste à recevoir sur film photographique les rayons diffractés lorsqu'on soumet au rayonnement X une baguette de microcristaux agglomérés (faisceau cylindrique et fin de rayons X monochromatiques). La position des raies du spectre enregistré permet l'identification des minéraux; la mesure de leur intensité relative donne la proportion des éléments contenus dans le mélange analysé.

Cette méthode est très largement utilisée en France.

• *Dosages chimiques.*

Toutes les méthodes chimiques de dosage de la silice libre reposent sur le même principe :

- dissolution des composés solubles et leur élimination (pas toujours nécessaire);
- décomposition des silicates et dissolution de la silice libérée;
- pesée du résidu qui représente en principe la silice non combinée initialement présente dans l'échantillon;
- vérification que ce résidu est de la silice.

Ces méthodes sont longues et pas très satisfaisantes, car de nombreux silicates se laissent difficilement attaquer alors que le quartz lui-même est plus ou moins soluble dans les réactifs.

APPRÉCIATION DU RISQUE DE SILICOSE.

Cette appréciation se fait en fonction du nombre de particules et de leur teneur en silice libre: et cela de façon mathématique. En effet, une formule a pu être établie. Elle est indiquée dans l'instruction du 30 octobre 1956. La nocivité d'un empoussiérage est représentée par l'indice coniotique "i", lequel peut se calculer ainsi :

$$i = 3,32 \log C \times t - K$$

C est le nombre, par centimètre cube d'air, de particules entre 0,5 et 3 microns.

t est la teneur en silice libre de ces particules déterminées par diffraction aux rayons X.

Et K est une constante qui dépend du mode de prélèvement :
10,6 avec filtre soluble; 8,9 pour les membranes cellulose-siques.

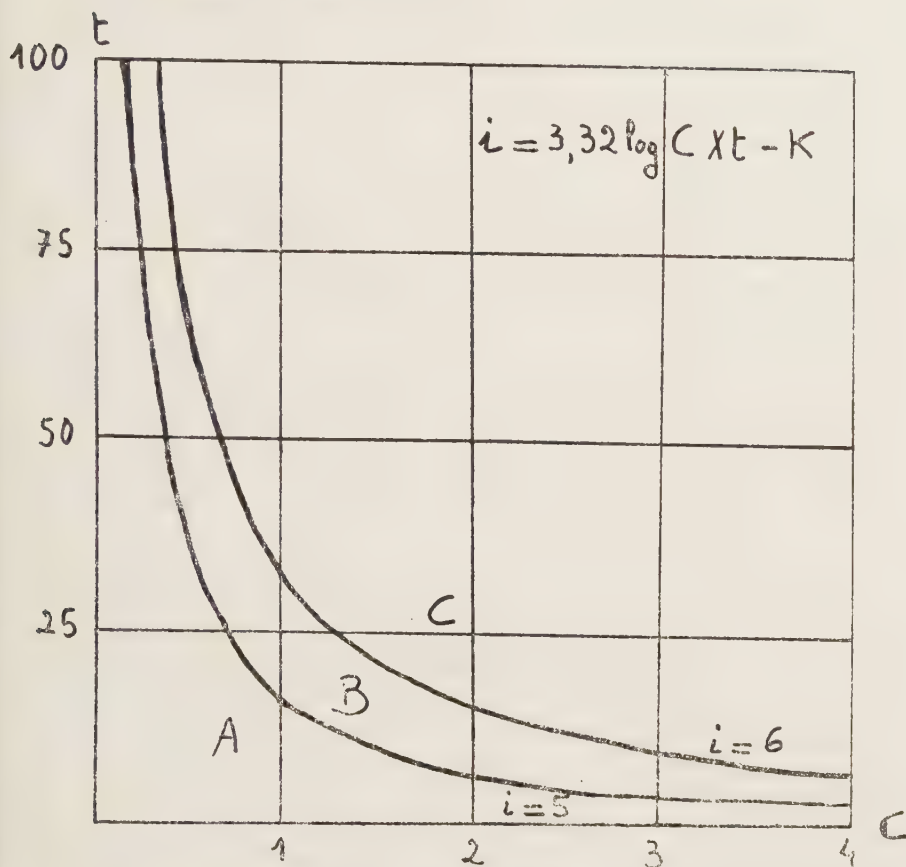
DELEPLANQUE a préconisé l'utilisation d'une abaque qui comporte en abscisse le nombre C de particules comprises entre 0,5 et 3 microns, en ordonnée leur teneur en silice libre.

On a tracé les deux courbes correspondantes pour un séjour de huit heures par jour; elles permettent de définir trois zones:

A. Atmosphère totalement tolérable.

B. Atmosphère tolérable mais demandant néanmoins à être améliorée.

C. Atmosphère non tolérable.



Nous avons pensé qu'il serait intéressant de relever les chiffres moyens donnés par une enquête sur l'empoussiérage en fonderie, et de discuter ces résultats par rapport à l'indice coniotique précédemment défini. Nous essaierons d'en tirer des conclusions générales.

Ensuite, nous avons recherché les chiffres trouvés dans l'atelier où nous avons travaillé, et nous avons demandé aux organismes de sécurité sociale générale de faire de nouveaux prélèvements, cela pour essayer de tirer des conclusions plus précises et plus concrètes, par le fait que nous avons pu voir les dispositifs de protection utilisés dans le cas particulier, et même faire des comparaisons lorsqu'ils sont utilisés et lorsqu'ils ne le sont pas.

Enquête sur l'empoussiérage en fonderie.

Il s'agit de moyennes qui permettent de définir le taux d'empoussiérage relatif aux diverses opérations effectuées en fonderie, taux

exprimé en nombre de particules inférieures à 3 microns, par litre d'air. Le dosage de la silice libre a été effectué chaque fois que la quantité de l'échantillon de poussières prélevées était suffisante.

RESULTATS

1° Sablerie.

Type de fonderie	Nombre de prélèvements effectués	Taux d'empoussiérage: nombre de particules inférieures à 3 microns par litre d'air	Pourcentage de silice libre
Acier	5	310 000	
Fonte	10	820 000	15
Alliages cuivreux	12	300 000	54,5
Alliages légers ..	7	210 000	25

2° Moulage.

Type de fonderie	Nombre de prélèvements effectués	Taux d'empoussiérage: nombre de particules inférieures à 3 microns par litre d'air	Pourcentage de silice libre
Acier	4	380 000	
Fonte	7	350 000	59
Alliages cuivreux	10	240 000	28
Alliages légers ..	4	280 000	

3° Décochage.

Type de fonderie	Nombre de prélèvements effectués	Taux d'empoussiérage: nombre de particules inférieures à 3 microns par litre d'air	Pourcentage de silice libre
Acier	3	390 000	35
Fonte	10	530 000	32
Alliages cuivreux	7	250 000	50
Alliages légers ..	4	660 000	

4° Ebarbage et meulage.

Cette étude a été réalisée en fonction de l'existence ou non d'un système d'aspiration au poste de travail.

	<i>Nombre de prélèvements effectués</i>	<i>Taux d'empoussiérage : nombre de particules inférieures à 3 microns par litre d'air</i>
Sans système d'aspiration	6	660 000
Avec système d'aspiration	3	290 000

Le dosage de la silice libre a été effectué dans les différents types de fonderie.

<i>Type de fonderie</i>	<i>Pourcentage de silice libre à l'ébarbage</i>	<i>Pourcentage de silice libre au meulage</i>
Acier	20	
Fonte	19	15
Alliages cuivreux.....	56	12

5° Dessablage.

Il s'agit, d'une part, d'un dessablage au tonneau, avec dispositifs dépoussiéreurs; d'autre part, dessablage à la cabine ou à la table de grenaillage avec du *sable* comme abrasif, toutes pourvues de dispositifs d'aspiration.

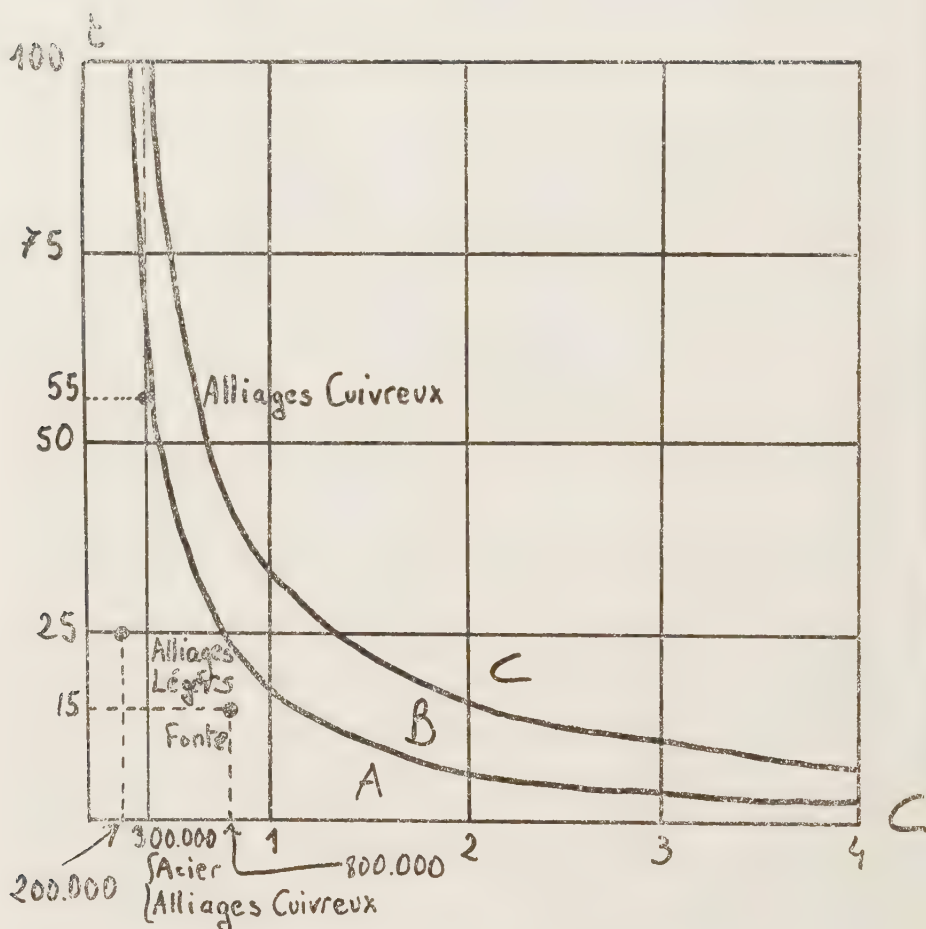
<i>Caractéristiques du poste</i>	<i>Nombre de prélèvements effectués</i>	<i>Taux d'empoussiérage : nombre de particules inférieures à 3 microns par litre d'air</i>
Tonneau	4	160 000
Cabine ou table.....	16	640 000

6° Noyautage.

<i>Type de fonderie</i>	<i>Nombre de prélèvements effectués</i>	<i>Taux d'empoussiérage : nombre de particules inférieures à 3 microns par litre d'air</i>	<i>Pourcentage de silice libre</i>
Acier	2	255 000	
Fonte	4	300 000	31
Alliages cuivreux	7	310 000	
Alliages légers ..	3	150 000	

DISCUSSION.

1° A la sablerie.



— Sablerie d'acier :

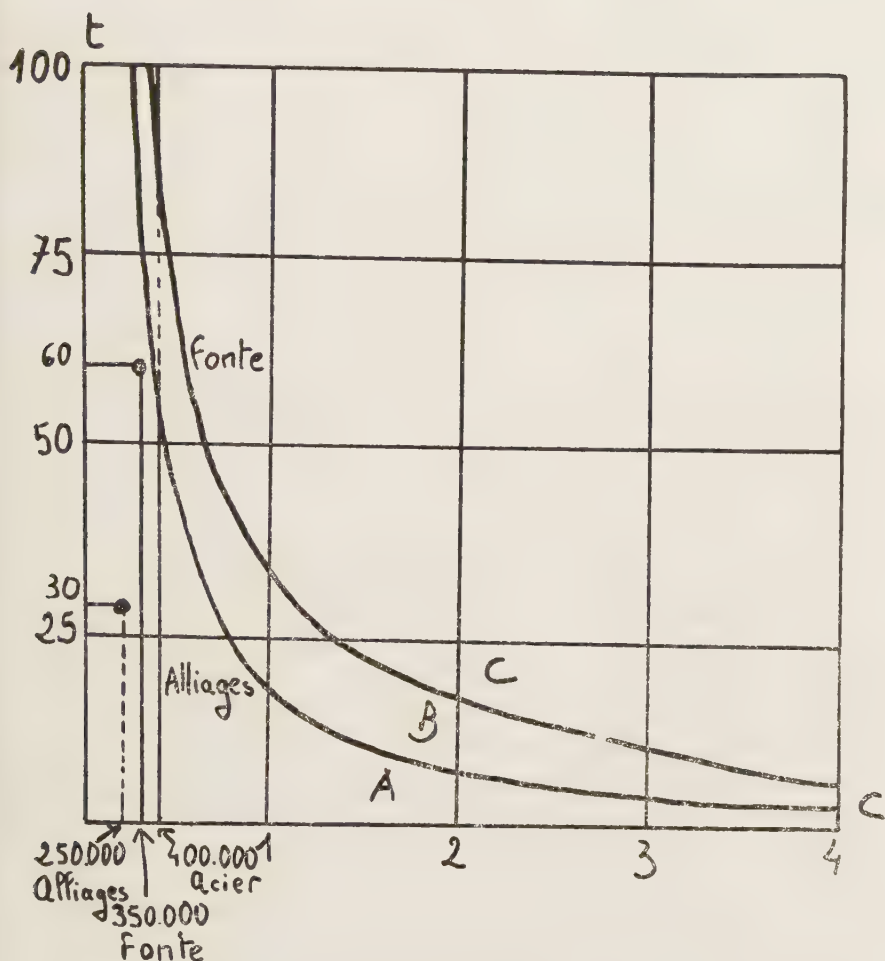
Nous ne savons pas quelle est la teneur en silice libre des poussières prélevées. Il est évident que le danger est d'autant plus grand que cette teneur est plus forte.

— Fonte :

Malgré une importante quantité de poussière, il n'y a pas de risque de silicose. En effet, la plus grande partie est représentée par du " noir ".

— Pour les alliages légers et les alliages cuivreux, la quantité de poussière est faible et aucun danger n'existe.

2° Au moulage.



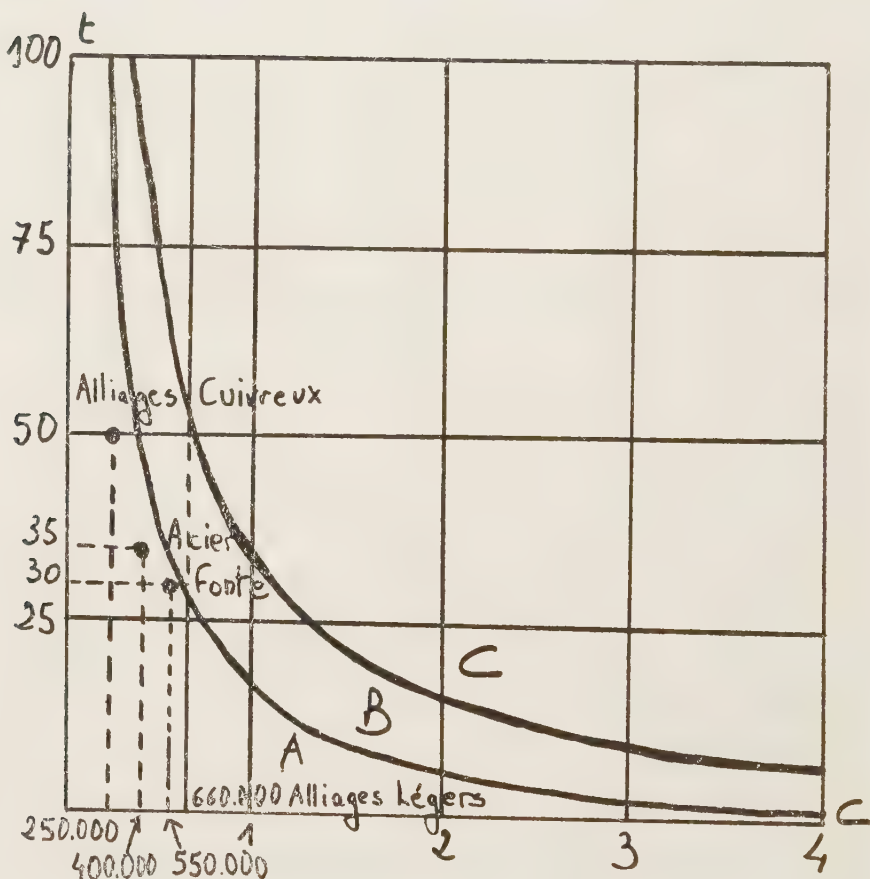
— Pour l'acier, nous pouvons répéter exactement ce que nous avons dit à la sablerie.

— Pour la fonte, on est à la limite des zones A et B. Une certaine prudence semble devoir s'imposer. Des dispositifs de prévention sont nécessaires. Il s'agit de poussières beaucoup plus riches qu'à la sablerie, et c'est normal car le sable est ici à l'état humide. Les poussières auront donc une "capacité" différente à se répandre dans l'atmosphère.

— Pour les alliages, toujours aucun risque.

INTERPRETATION DES RESULTATS.

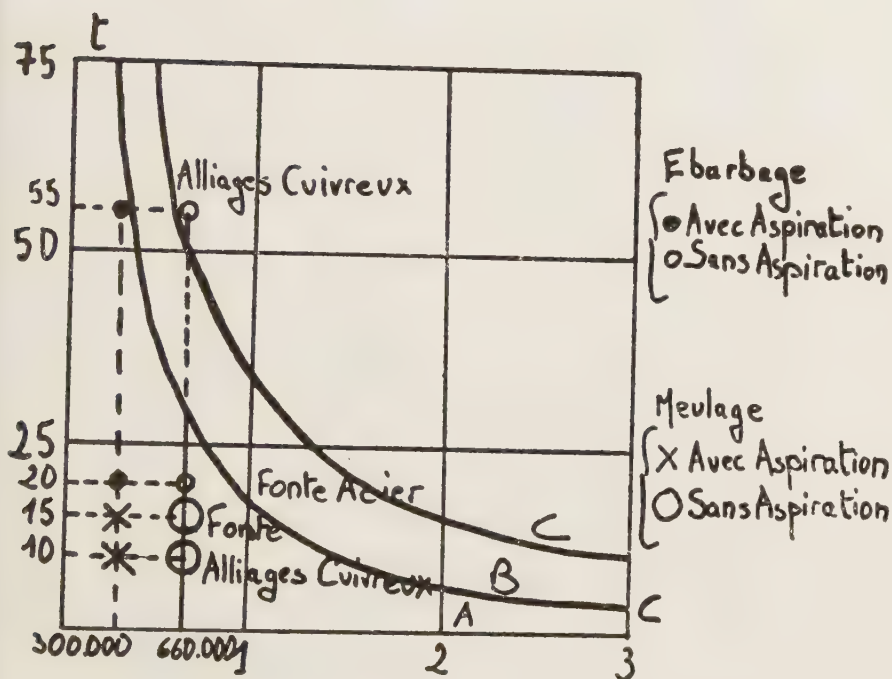
3° Au décochage.



— L'acier, la fonte et les alliages cuivreux sont sans danger.

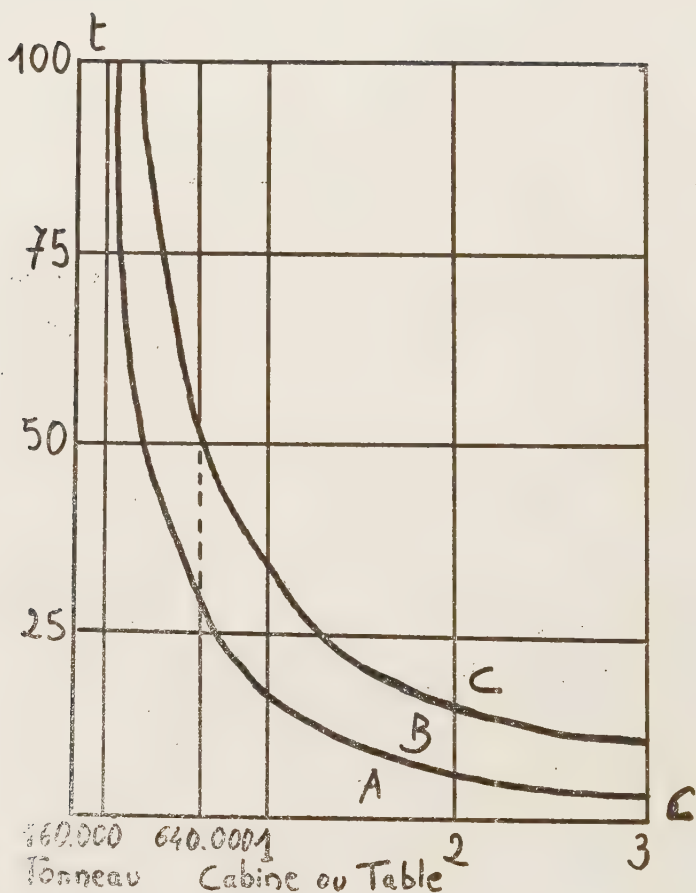
— En ce qui concerne les alliages légers, il faudrait connaître la teneur en silice des poussières pour se faire une opinion quant à la nocivité de l'atmosphère.

4° A l'ébarbage et au meulage.



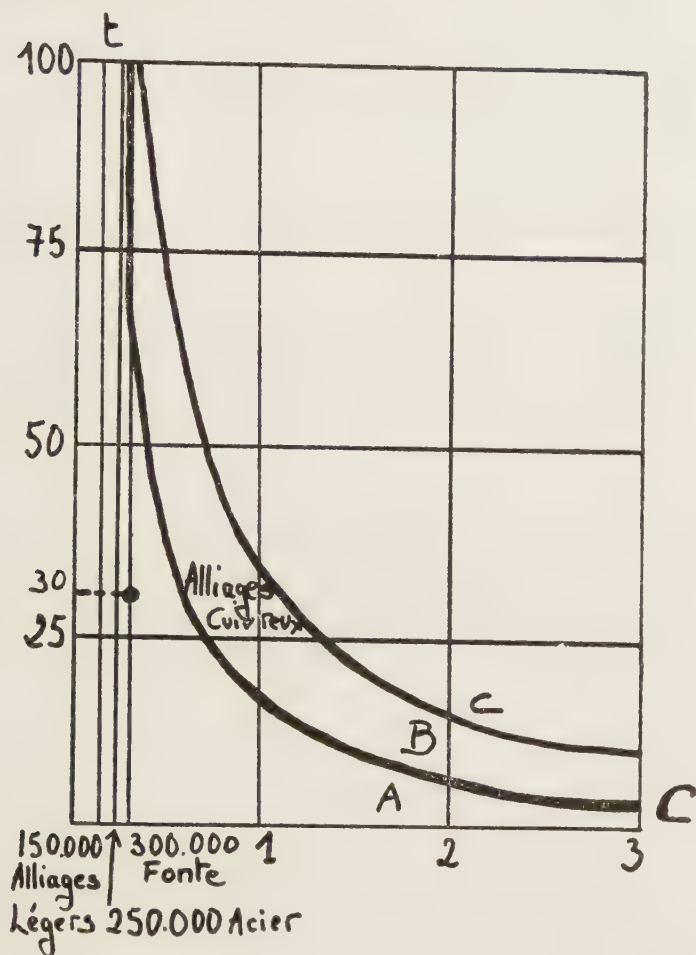
— La courbe nous montre qu'un seul point est situé dans la zone B suspecte: il s'agit de l'ébarbage des alliages cuivreux lorsqu'il n'existe aucun dispositif d'aspiration. D'où la nécessité de ce dernier. Pour ce qui est des alliages légers, nous ne connaissons pas la teneur en silice.

5° Au dessablage.



Les dangers sont très différents selon que l'on utilise d'une part un tonneau, d'autre part une cabine ou une table de dessablage. Le tonneau est une sorte de caisse métallique, absolument étanche, et il n'y a aucun risque de silicose. Au contraire, avec une cabine ou une table de dessablage, le danger augmente rapidement avec le pourcentage de silice.

6° Au noyautage.



— La fonte et les alliages ne présentent pas de risques.

— Pour l'acier et les alliages cuivreux, nous constatons, une fois de plus, l'importance de la teneur en silice, donc finalement de la qualité du sable.

Etude personnelle dans une fonderie d'aciers dits " spéciaux ".

Les travaux que nous venons d'exposer traitent le problème du meulage en même temps que celui de l'ébarbage et nous ont permis de conclure que seuls les alliages cuivreux semblent suspects. En réalité, cela nous paraît très optimiste, car nous avons appris par le médecin du travail de l'usine (objet de notre étude personnelle), par l'ingénieur de la sécurité et par l'ingénieur de la fonderie

que les problèmes majeurs leur étaient posés par les postes de meulage et ébarbage. Nous remarquons qu'il ne s'agit cependant pas ici d'alliages cuivreux. Et depuis plusieurs mois leur commun effort tend à apporter ici une amélioration, et les difficultés auxquelles on se heurte sont, à leur avis unanime, très grandes. Nous allons voir les travaux effectués et les résultats obtenus au cours des années 1963 et 1964.

Nous avons fait porter notre recherche sur deux postes de travail :

I. Machines à meuler sur bâti fixe, deux meules étant jumelées sur un même système d'aspiration. Les meules employées sur la machine peuvent être de marques et donc de compositions différentes; en l'occurrence, soit Durrschmidt, soit Rex.

II. Meules dites portatives branchées sur un système moteur par l'intermédiaire d'un flexible et ne possédant initialement aucun système d'aspiration: ce sont d'ailleurs ces machines qui ont déclenché la recherche en vue d'améliorer les conditions de travail. Des mesures ont été faites au fur et à mesure des recherches entreprises et des modifications effectuées :

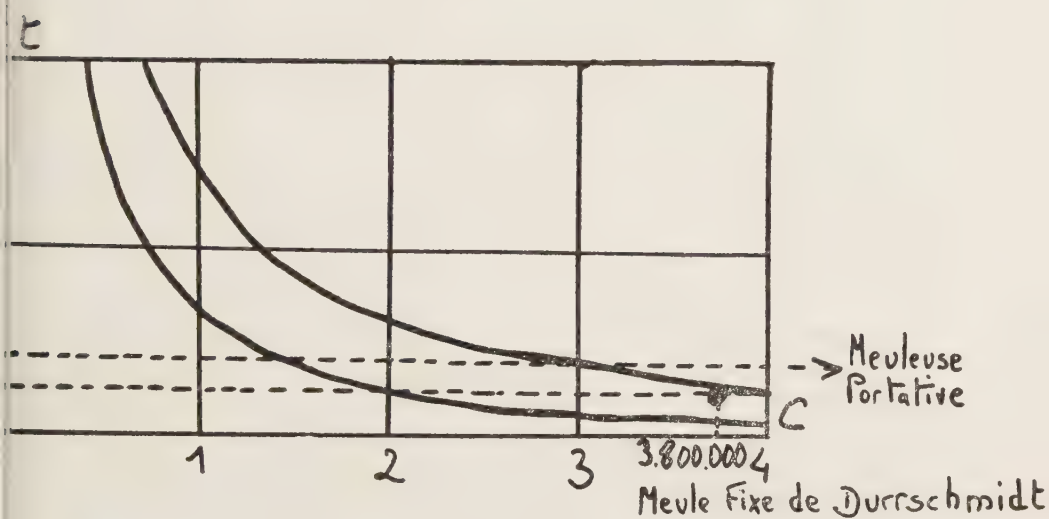
1° Le 26 juillet 1963, des prélèvements ont été faits et les résultats se résument par le tableau suivant :

	<i>Poste</i>	<i>Pièces meulées</i>	<i>Taux d'empoussiérage</i>	<i>Pourcentage de silice libre</i>
I	Meule fixe de Durrschmidt ..	Petites poires de laminage	3 833 000	6
II	Meuleuse portative	Poires de laminage	8 251 000	10,3
III	Meuleuse portative	Intérieurs de diffuseurs	5 400 000	nul

OBSERVATIONS. — Au poste I, le pourcentage de silice libre a été recherché dans des poussières déposées.

Au poste II, il s'agissait de poussières en suspension.

DISCUSSION.



Le chiffre I obtenu à la meule fixe se situe dans la zone B (si toutefois on peut accorder une valeur au pourcentage de silice libre puisque les mesures ont été faites sur des poussières déposées).

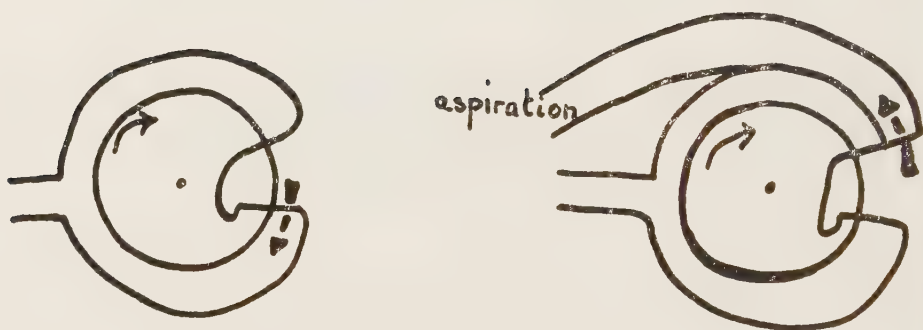
Le chiffre II est tellement élevé qu'il est impossible de le porter sur la courbe que nous avons tracée; mais nous voyons qu'il serait situé dans la zone C dangereuse.

Le chiffre III nous montre, quand on le compare au chiffre II, que le nombre de particules peut varier du simple au double selon la pièce moulée.

Des modifications ont été faites au niveau des meules sur bâti fixe, tandis que des recherches uniquement théoriques, pour trouver un dispositif satisfaisant, étaient faites en ce qui concerne les meules portatives.

Meules sur bâti fixe :

L'aspiration préexistante était uniquement inférieure; on lui a ajouté une aspiration supérieure.



Meules portatives :

Un dispositif anglais réputé a dû être éliminé car l'expérience a montré qu'il était impossible de fixer sur la meule elle-même un dispositif un peu encombrant sans rendre pratiquement impossible le travail de l'ouvrier.

2° Le 19 mars 1964, les chiffres étaient les suivants :

	<i>Poste</i>	<i>Pièces meulées</i>	<i>Taux d'empoussiérage</i>
I	Meule fixe de Durr-schmidt non modifiée	Poires de laminage	1 500 000
II	<i>Idem,</i> <i>après modification...</i>	<i>Idem</i>	1 800 000
III	Meuleuse portative ...	Pièces en acier	19 000 000
IV	Ambiance générale...		430 000

Remarquons d'abord que le chiffre de 19 000 000 est une aberration, car jamais retrouvé.

Nous ignorons la qualité, la composition des particules en question; mais, avec des chiffres si élevés, il est évident que même si la teneur en silice est minime le risque de silicose peut exister: et, si cette teneur en silice était nulle, ce qui est certainement inexact, il serait encore indispensable de chercher à améliorer ces chiffres. Et c'est ce qui a été fait.

Meules sur bâti fixe :

En effet, le système d'aspiration par le bas plus le haut a donné un résultat paradoxal. Les résultats sont plus mauvais sans doute par la création de mouvements tourbillonnaires. Donc ce dispositif a été définitivement abandonné.

Les efforts ont porté sur l'amélioration de la puissance des aspirateurs et sur l'éducation des ouvriers en ce qui concerne le nettoyage régulier des filtres

Meules portatives :

Les recherches ont porté sur un dispositif non fixé sur la meule.

3° Le 28 mai 1964, des prélèvements ont à nouveau été effectués :

	Poste	Pièces meulées	Taux d'empoussiérage	Observations
I	Meule de Durr-schmidt modifiée (aspiration plus puissante)	Poires de laminage	1 100 000	La meule Rex, qui est à côté, ne fonctionne pas
II	<i>Idem</i>	<i>Idem</i>	1 400 000	<i>Idem</i>
III	Meule Rex non modifiée	<i>Idem</i>	950 000	La meule de Durr-schmidt fonctionne à côté.
IV	<i>Idem</i>		165 000	La meule de Durr-schmidt ne fonctionne pas.
V	Meule portable..	Un essieu	8 300 000	Sans aspiration.
VI	<i>Idem</i>	Creuset acier	1 000 000	Avec aspiration en hotte au-dessus de l'ouvrier.
VII	<i>Idem</i>	Un essieu	560 000	<i>Idem</i>

La teneur en silice totale était de 13,5 à 16,7 %.

La teneur en silice libre était de 2,4 à 3 %.

On voit que les chiffres trouvés sont extrêmement différents selon les postes et selon les conditions de travail.

Pour les meules sur bâti fixe :

Il semblait satisfaisant pour l'esprit de considérer que le problème était vraiment un problème de " meules ", puisque les chiffres sont dix fois plus faibles lorsque la meule de Durr-schmidt ne fonctionne pas. Nous verrons plus tard que cette conclusion est inexacte.

Avec les meules portatives :

Nous remarquons une nouvelle fois l'importance de la pièce meulée. Le rapport est toujours du simple au double.

De plus, nous voyons que le dispositif d'aspiration est très efficace puisque, pour une même pièce meulée, dans les mêmes conditions, on trouve 560 000 et 8 300 000 particules par litre d'air selon que l'on utilise ou non l'aspiration. Le chiffre de 8 300 000 particules est *dangereux*, bien que moins spectaculaire que celui trouvé le 19 mars. Le dispositif d'aspiration est donc vraiment indispensable.

Par ailleurs, si nous portions les autres chiffres trouvés sur l'abaque de Deleplanque, nous constaterions que, même avec une atmosphère très empoussiérée, la zone dangereuse n'est pas atteinte: en effet, la teneur en silice libre est très faible.

Pour avoir une vue plus précise de l'aspect pratique, et pour étudier un autre poste qui nous avait été signalé comme étant sans danger, nous avons tenu à assister personnellement à des prélèvements de poussière; et l'organisme de sécurité sociale générale a bien voulu nous accorder cette faveur.

Le 10 septembre 1964, des échantillons ont été prélevés.

La méthode utilisée était celle du filtre soluble type du Bouchet, appareil ARM conçu de la façon suivante: un moteur électrique avec ventilateur permet l'aspiration de l'air. Un débit-mètre servira à calculer la quantité d'air aspiré, selon la durée de l'aspiration.

Le filtre soluble est composé de cristaux de tétrachloronaphtalène sur un support en toile métallique, soluble, comme nous l'avons indiqué plus haut, dans le benzène.

On prend une quantité pondérable de poussières que l'on peut examiner tant au point de vue chimique qu'au point de vue microscopique. Le nombre de particules est obtenu d'après la quantité de poussières déposées sur le filtre.

Nous avons demandé que le pourcentage de poussières métalliques et les pourcentages de silice totale et de silice cristallisée soient calculés chaque fois que l'échantillon prélevé le permettrait.

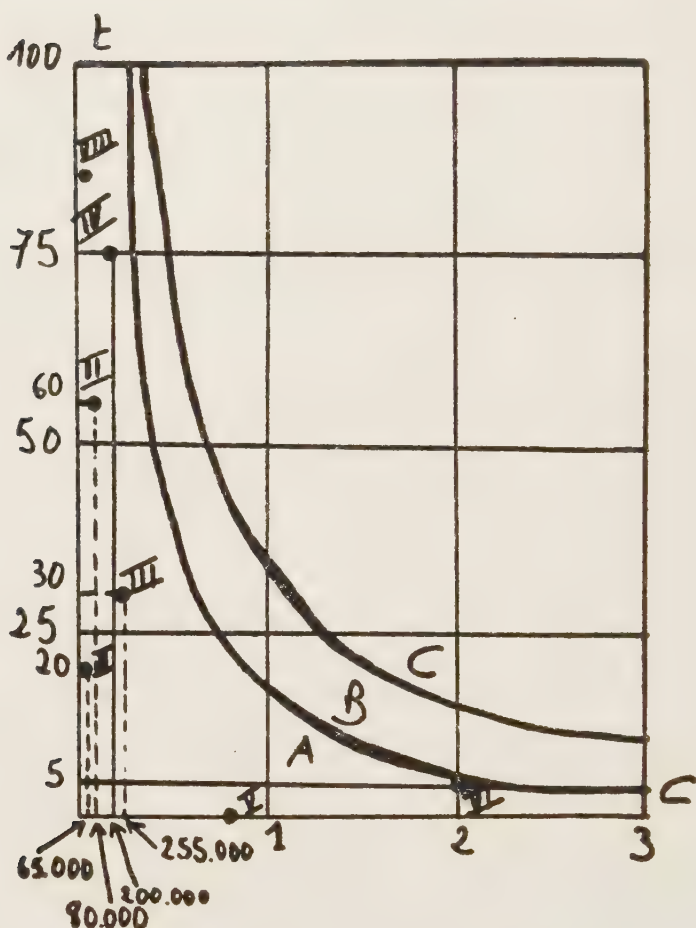
Et voilà les résultats obtenus :

I	Poste	Pièces meulées	Taux d'empoussièrement	Pourcentage de particules métalliques	Observations
I	Meule de Durrschmidt	Mandrins de perçage	65 000	80	Aspiration en service.
II	<i>Idem</i>	<i>Idem</i>	80 000	40	<i>Idem</i>
III	Meule Rex	<i>Idem</i>	255 000	70	<i>Idem</i>
IV	<i>Idem</i>	<i>Idem</i>	190 000	25	<i>Idem</i>
V	Meuleuse portative	Refroidisseur	785 000	Presque 100	
VI	<i>Idem</i>	Tubulure	2 000 000	95	Prélèvement en aval d'un courant d'air.
VII	<i>Idem</i>	<i>Idem</i>	120 000		Evacuation des poussières par soufflage d'air comprimé.
VIII	Décochage manuel	Pièce chaude	55 000		

Au poste de décochage, la teneur en silice totale était de 93,6 % ; celle en silice libre, 85,7 %.

Dans l'ensemble des filtres, la dimension moyenne des particules métalliques est de l'ordre de 1 à 3 microns. Présence seulement de 4 à 5 % de grosses particules métalliques de 5 à 10 microns.

INTERPRETATION DES RESULTATS.



Lorsque nous portons ces chiffres sur l'abaque, nous avons la satisfaction de constater que tous sont dans la zone A considérée comme ne présentant aucun risque silicogène.

Avec les meules sur bâti fixe :

— La qualité de la meule Rex, qui avait semblé se manifester par l'analyse du 28 mai, n'apparaît plus, bien au contraire. Ainsi il faut bien se garder de tirer des conclusions hâtives à partir d'une seule mesure. C'est la répétition des prélèvements et la comparaison de nombreux résultats qui permettent de se faire une opinion valable. Et encore n'est-elle jamais définitive. Et lorsque l'on a apporté une solution, il est bon de vérifier régulièrement si l'effet reste constant.

— Les chiffres très bas obtenus nous prouvent que le fait d'augmenter la puissance d'aspiration donne un excellent résultat.

Avec les meules flexibles (ce sont les meules portatives):

— La comparaison des chiffres VI et VII prouve que l'évacuation des poussières par un soufflage d'air comprimé ramène le nombre des particules à 120 000 au lieu de 2 000 000. Des dispositifs simples d'aspiration reliés à des aspirateurs mobiles ont une efficacité certaine. Mais il convient de ne pas rejeter dans l'air ambiant les poussières nocives.

A noter, pour terminer nos observations personnelles, que cette question de la prévention au niveau de ce poste des meules flexibles, si elle n'est pas encore résolue au moment où nous rédigeons notre travail, n'en est pas moins sur une bonne voie. Seule reste en suspens à l'heure actuelle la question de l'évacuation des poussières captées, soit par une canalisation à l'extérieur, soit par filtrage au moyen de dispositifs efficaces.

Nous ferons aussi remarquer l'inocuité des postes de décochage autrefois très empoussiérés.

(Un point très particulier est celui du moulage croning où existe un risque d'explosion.)

Nous venons d'empiéter déjà sur la question de la prévention. Mais il nous semble qu'il était nécessaire d'aborder ici le problème, puisque finalement c'est là notre objectif. Auparavant cependant nous allons envisager l'aspect médical.

CHAPITRE II

ASPECT MÉDICAL

Pathologie due aux différentes poussières

A. LA SILICE.

Les poussières les mieux connues quant à leur toxicité sont les poussières de silice libre SiO_2 , responsables d'une affection pulmonaire redoutable : la *SILICOSE*.

Cette *pneumopathie* reste longtemps latente. Au début, il n'y a aucun signe fonctionnel. C'est seulement à un stade avancé que s'installe une dyspnée progressive qui, à la fin de l'évolution, deviendra suffocante.

Les signes généraux sont d'apparition encore plus tardive : il n'est pas rare de voir un sujet atteint de silicose déjà avancée avec un état général florissant qui ne s'altérera que très tardivement.

Le diagnostic est un diagnostic radiologique car, au début, il n'existe pas d'autres signes. Les images possibles sont multiples et il existe toute une classification qui tient compte de la forme, de l'étendue et de la densité des lésions. On peut dire que bien souvent il s'agit de réticulo-micronodulations.

Deux critères sont importants en ce qui concerne les images radiologiques : d'une part, leur absence définitive de régression;

d'autre part, leur bilatéralité et leur symétrie. Nous verrons que chez les fondeurs les images sont généralement atypiques : grosse masse tumorale et unilatérale.

L'évolution se fait vers l'insuffisance respiratoire, plus ou moins rapidement suivant l'étiologie : habituellement lente chez les maçons fumistes, rapide au contraire chez les mineurs. Nous allons voir qu'elle est lente, en règle générale, chez les fondeurs, généralement atypique et, somme toute, exceptionnelle.

Il n'est pas rare que la silicose se poursuive même après soustraction au risque. Aucune thérapeutique n'est capable de freiner cette évolution et, à fortiori, de la faire régresser.

OBSERVATIONS CLINIQUES.

Dans l'établissement où nous avons effectué notre travail, nous n'avons pas d'exemple de silicose. Cependant deux sujets ayant travaillé à la fonderie et pensionnés pour silicose sont encore employés dans l'établissement (l'un au laboratoire de chimie, l'autre au magasin). Mais ils n'entrent pas dans le cadre de cette étude car, avant de travailler à la fonderie, ils avaient été mineurs de fond plusieurs années. Ils sont entrés à la fonderie à une époque où la radiographie systématique n'existait pas encore. Bien que le dépistage de ces deux cas de silicose ait été fait chez des sujets travaillant à la fonderie, on ne peut pas les retenir comme dus aux poussières de fonderie.

Cependant, trois observations vont nous permettre d'illustrer notre étude.

Observation n° 1 :

Empruntée au Docteur LAGÈZE (Hôp. Ed. Herriot). Dans la *Semaine des Hôpitaux de Paris*, 32, n° 15, 10 mars 1956, 843-844.

Homme de 42 ans.

Antécédents : pas d'antécédents broncho-pulmonaires.

Entre 1925 et 1936, ébarbeur de pièces en fonte, de façon discontinue. Entre 1936 et 1956, successivement occupé à l'entretien des hauts fourneaux, puis à l'ébarbage dans une fonderie de fer.

HISTOIRE CLINIQUE :

En janvier 1953, épisode pulmonaire aigu étiqueté broncho-pneumonie et traité par la pénicilline. Amélioration relative au cours des deux mois suivants.

En avril 1953, température à 38°, toux et expectoration. Point douloureux thoracique droit. *Hospitalisation.*

— Les examens radiologiques montrent une image de condensation avec rétraction du lobe moyen et une condensation du lobe inférieur. Dans la région axillaire gauche, il y a quelques images nodulaires agminées.

— La bronchoscopie montre un aspect inflammatoire avec sténose et sécrétions au niveau des orifices moyen et apical du lobe inférieur.

— Une bronchographie lipiodolée montre un pincement et des irrégularités de calibre des bronches du lobe moyen. Il existe un diverticule bronchique à la face interne du tronc intermédiaire.

Le traitement antibiotique (pénicilline, streptomycine) normalise la température et fait disparaître toux et expectoration.

En novembre 1953, la toux réapparaît. Expectoration muco-purulente non fétide. Apyrexie. Etat général satisfaisant.

— L'examen radiographique montre toujours les mêmes aspects de condensation du lobe moyen et du sommet de Fowler.

— En bronchoscopie, la lobaire moyenne sténosée ne se dilate pas à la provine.

— Une biopsie ramène des fragments de tissu inflammatoire. Aucun signe histologique de malignité.

En décembre 1953, toux et expectorations persistent. Dyspnée d'effort modérée.

— La bronchoscopie montre qu'il sort du pus en abondance de la lobaire moyenne.

— Biopsie toujours de type inflammatoire banal.

Devant la récurrence des accidents dans les mêmes territoires, l'aspect inflammatoire persistant du tronc lobaire moyen, la fixation en rétraction du lobe moyen et du sommet de Fowler, une exérèse est décidée et une *bilobectomie* inférieure droite et moyenne est pratiquée.

— L'examen anatomique montre des masses dures typiques d'antracosis.

— L'examen histologique le confirme. Il n'y a aucun signe de tuberculisation.

Il s'agit donc d'une silicose pseudo-tumorale chez un ébarbeur, après trente ans de ce travail.

Observation n° II :

Empruntée au Docteur LAGÈZE (Hôp. Ed. Herriot). *Semaine des Hôpitaux de Paris*, 32, n° 15, 10 mars 1956, 844-845.

Homme de 48 ans.

Antécédents: On sait seulement que cet ouvrier a travaillé dans une fonderie pendant une durée indéterminée.

HISTOIRE CLINIQUE :

En janvier 1947, bronchite banale, à la suite de laquelle le malade continue à tousser.

En février 1947, altération de l'état général: anorexie, amaigrissement. La toux est importante et l'expectoration abondante. Apyrexie.

— Un cliché radiographique montre une nodulation peu importante dans les deux champs moyens et une rétraction modérée du lobe inférieur droit, avec légère attraction du hile vers le bas. L'image du pédicule bronchique est anor-

malement augmentée de volume. Dans la région paracardiaque droite se superposent des images nodulaires et des opacités linéaires appendues au hile et suggérant une image de bronchectasie.

— Une bronchoscopie montre qu'il sort du pus en abondance de la lobaire inférieure et met en évidence un aspect bourgeonnant, inflammatoire, situé sur le tronc lobaire inférieur, à un centimètre environ sous la naissance de la lobaire moyenne.

— Une biopsie est pratiquée et montre du tissu inflammatoire banal: les sécrétions ne contiennent pas de B.K.

— Une bronchographie met en évidence une image d'amputation de la lobaire inférieure.

Le diagnostic de néoplasme est soulevé mais, devant l'absence de certitude, on décide de différer l'intervention.

Le malade est revu trois mois plus tard.

— L'image radiologique est inchangée.

— La bronchoscopie montre une sténose incomplète, inflammatoire, non bourgeonnante, située à l'origine de la lobaire inférieure.

— La biopsie ramène un tissu inflammatoire banal; cependant, certaines anomalies de forme et de dimensions des noyaux font soulever le diagnostic de néoplasme à petites cellules.

L'intervention est décidée devant la persistance de l'état suppuratif du lobe inférieur, et une exérèse est pratiquée.

— *Examen anatomique.* Au cours de l'intervention, on a trouvé, au niveau du pédicule lobaire inférieur, une grosse masse intimement adhérente au médiastin et à la branche lobaire inférieure.

A l'examen, cette masse apparaît à la section comme un amas de gros ganglions durs comme de la pierre et complètement noirs, anthracosiques. Aucun signe de tuberculose macroscopique. Il n'a pas été trouvé trace de cancer.

— L'examen histologique montre un stade initial de pseudo-tumeur silicotique.

Observation n° III :

Observation qui nous a été communiquée par le Professeur CHAMPEIX.

V... François, âgé de 44 ans.

A été exposé pendant vingt-neuf années à des poussières de fonderie, en tant que mouleur et ébarbeur, de 1925 à 1954. En 1954, apparition d'une opacité dense au niveau de la région sous-claviculaire droite, avec image de trabéculatation. Hospitalisation à l'hôpital du Puy (où malheureusement il nous a été impossible de retrouver son dossier). La mise en évidence de B.K. est négative à tous les examens successifs. Malgré la négativité desdits examens et en raison du caractère atypique et unilatéral des images radiologiques, le diagnostic de tuberculose est porté, et un traitement par tuberculostatiques institué; celui-ci dure un an. A la suite de ce traitement, on n'observe aucune modification radiologique. On pense alors à l'existence d'un tuberculome, et une exérèse est envisagée.

— Hospitalisation à Sabourin, le 15 décembre 1954.

— Une bronchoscopie est pratiquée; elle montre une sténose de la bronche lobaire supérieure droite d'aspect inflammatoire.

— Lobectomie supérieure et moyenne droite, le 5 janvier 1955.

— L'examen anatomo-pathologique montre une disparition complète de la structure normale du poumon. Celle-ci est remplacée par des nodules fibro-hyalins contenant de nombreuses inclusions de poussières brunâtres ou noirâtres. A la périphérie de ces nodules fibro-hyalins, il existe une réaction histio-réticulaire très importante en raison de la surcharge en éléments pigmentés. Cette réaction réticulaire prend même par endroits une disposition giganto-cellulaire. Tous ces aspects, et en particulier les nodules fibro-hyalins, sont en faveur d'une lésion de caractère silicotique.

Le 14 mai 1956, le sujet est vu en expertise par le Professeur CHAMPEIX : radiologiquement aspect réticulé à droite, discret tractus intercléido-hilaire gauche. Il n'existe pas d'images nodulaires. L'examen fonctionnel montre un déficit respiratoire lié essentiellement à la lobectomie :

- Capacité vitale à 70 % de la capacité théorique.
- L'expiration maxima/seconde est à 70 % de la capacité vitale.
- Les bacilloscopies ont toujours été négatives.

En février 1964, bacilloscopies positives. Entre au sanatorium Clémentel, le 22 novembre 1964. On constate l'existence d'un semis nodulaire généralisé avec volumineuse image cavaire sous-claviculaire droite.

Dans ces trois observations, nous remarquons que le début est atypique: la radiologie montre des images de condensation, des opacités, qui font évoquer, soit une néoformation, soit une tuberculose. Il faut aussi insister sur la lenteur de l'évolution: les sujets I et III ont été exposés trente et vingt-neuf ans, (pour ce qui est du sujet II, on ne sait pas), avant que ne se manifestent les premiers symptômes.

Nous pouvons aussi déjà insister sur la rareté des silicoses chez les fondeurs; c'est ce que nous allons voir avec les statistiques que nous avons essayé de recueillir.

STATISTIQUES.

Nous aurions voulu savoir quelle était l'importance du risque de silicose dans les fonderies et le pourcentage réel, compte tenu du nombre d'ouvriers exposés et de la durée de l'exposition; et aussi le devenir de ces silicoses de fondeurs.

Cette recherche a été rendue difficile par le fait que, dans notre pays, il est très souvent impossible d'obtenir des communications de dossiers, même si ceux-ci doivent être exploités dans un but humanitaire. Nous touchons là une question d'une brûlante actualité, celle du secret professionnel, mais tel n'est pas notre propos.

Nous ne pouvons donc connaître que des chiffres statistiques bruts, sans renseignements cliniques précis. Nous nous sommes adressés à la Caisse primaire de Sécurité sociale. Il ne s'agit donc pas des cas relevant de la Sécurité sociale minière, qui sont de beaucoup les plus nombreux.

Nous avons pu savoir que, depuis 1947, date à laquelle la silicose a été reconnue comme maladie professionnelle indemnisable,

153 déclarations de silicose avaient été faites dans le département du Puy-de-Dôme. En 1947, il y aurait eu 47 demandes d'indemnisation, mais il existerait seulement 20 dossiers médicaux. Nous pensons que les 26 autres n'ont pas donné suite ou bien ont été immédiatement refusés. Sur ces 20 dossiers, 2 sont égarés, 3 ont été finalement refusés, 11 concernent des mineurs. 4 cas de silicose chez des fondeurs ont été reconnus: ils ont été pensionnés respectivement à 15 %, 10 %, 20 % et 100 % (silico-tuberculose). Avons-nous le droit de dire que 25 % des silico-ses chez les fondeurs sont des silico-ses graves ? Certainement pas.

Deux questions nous viennent à l'esprit :

1° Ces 4 silico-ses sont apparues parmi quel nombre de fondeurs ? Nous l'ignorons complètement mais nous avons le droit de croire que cela représente un très faible pourcentage. Et nous sommes en 1947, à une époque où la prévention était pratiquement inexistante.

2° Que sont devenus ces quatre sujets ? Pour essayer de le savoir, nous leur avons écrit.

A. Celui-ci ne nous a pas répondu.

B. A effectivement été reconnu atteint de silicose en 1947; atteinte estimée à 10 %. Mais il n'a pas obtenu de pension car la durée d'exposition au risque était insuffisante (quinze mois seulement). En 1956, il a eu une aggravation (dont il ne précise pas la nature exacte ni l'importance) et pour laquelle il a dû passer six mois dans un sanatorium.

Actuellement, incapacité permanente évaluée à 90 % et indemnisée par la loi Cordonnier.

Donc finalement n'entre pas dans le cadre de notre étude.

C. Est toujours pensionné pour incapacité permanente partielle de 20 %. Il avait exercé le métier de sableur pendant une dizaine d'années.

D. Nous n'avons pu trouver son adresse.

Finalement cette recherche ne nous apporte pas grand-chose, cependant elle nous permet de réaffirmer que la silicose est exceptionnelle chez les fondeurs, apparaît tardivement et évolue très lentement.

Ces chiffres, bien que fragmentaires et de peu de valeur " statistique ", nous laissent supposer qu'en 1947, il y avait quelques silico-ses chez les fondeurs. Mais les mesures de prévention qui ont été prises n'ont pas été vaines puisque, ces dernières années, nous

ne trouvons pas dans la région un seul cas de silicose chez les fondeurs. Et nous ne pouvons en être que satisfaits et rendre hommage aux employeurs et leurs conseillers techniques qui ont su aménager la plupart des postes autrefois dangereux. Nous parlons en particulier des postes de production. Il est intéressant à ce propos de noter que, sous les efforts communs, la silicose en général est en régression.

En effet, le *Journal Officiel* du 18 mai 1953 publie le tableau suivant :

Années	Nombre de cas de silicoses professionnelles déclarées	SUITES DE MALADIE				Taux non encore fixé
		Décès	100 %	50 à 99 %	10 à 49 %	
1948	3 712	234	147	518	2 507	186
1949	3 365	171	92	361	2 325	258
1950	3 480	113	84	212	2 331	346
1951	2 908	39	41	99	934	1 322

Cette statistique, bien qu'un peu ancienne, est propre à rassurer ceux qui poursuivent sur un plan individuel des efforts de prévention qui peuvent leur paraître d'une efficacité mineure. En effet, les chiffres diminuent très régulièrement. Comme nous l'avions supposé pour la fonderie.

Il paraît intéressant de mentionner qu'en Belgique le risque de silicose dans les fonderies a été étudié particulièrement: A. YUENHEF apporte les résultats de l'examen radiologique systématique du personnel des fonderies en Belgique, dans 58 établissements.

En outre, des analyses d'atmosphère ont été effectuées dans deux fonderies, l'une de fonte, l'autre d'acier. Il est à noter que les résultats ont montré une granulométrie élevée et, d'autre part, un pourcentage important de silice, retrouvé dans tout l'atelier de la fonderie: le risque de silicose est pratiquement général dans toute l'étendue des halls de fonderie.

Parmi 302 ouvriers exposés et radiographiés, on a trouvé 65 cas de fibrose ayant un caractère silicotique, atteignant des ouvriers affectés à des postes différents.

Nous répétons que ces résultats concernent la Belgique et que c'était en 1952. Aucun travail parallèle n'a été fait en France, mais nous pensons que la situation était meilleure à cette même époque,

car jamais, sur 302 ouvriers exposés et radiographiés, il n'y a eu 65 cas de fibrose à caractère silicotique. De tous les documents que nous avons pu consulter, aucun ne nous laisse penser que le danger ait jamais été aussi grave dans les fonderies françaises.

Il est regrettable que cette même statistique ne précise pas les conditions de travail. Nous souhaitons vivement qu'elles se soient améliorées.

B. LE CARBONE.

Le carbone pulvérulent contient souvent une petite quantité de silice libre et peut être responsable de silico-anthraxose, d'évolution beaucoup plus lente que la silicose.

C. LES POUSSIÈRES MÉTALLIQUES.

En ce qui concerne les poussières métalliques, le problème est plus délicat et encore assez méconnu, semble-t-il.

L'oxyde de fer provoque la sidérose: A la radiographie, il y a renforcement de la trame pulmonaire, microréticulations. En fait, il s'agit d'un tatouage et non d'une maladie.

Le chrome peut classiquement provoquer des ulcérations, des dermatites, des irritations des voies respiratoires. Son rôle dans la production des cancers bronchiques chez l'homme a fait l'objet de très nombreuses études.

Le cobalt et le tungstène: Nous n'avons pas de références précises quant à leur toxicité respective, mais nous avons pu lire l'observation clinique concernant un sujet atteint de fibrose pulmonaire diffuse après exposition prolongée aux poussières de carbure de tungstène et de cobalt.

Les travaux allemands attirent aussi l'attention sur l'existence de fibrose pulmonaire parmi le personnel employé à la production des métaux durs.

Manganèse: il n'a pas été enregistré d'intoxication chronique ou sérieuse par le manganèse dans les fonderies qui l'utilisent.

Titane: Dans l'atelier où nous avons fait ce travail, des ouvriers meulant des alliages à base de titane s'étaient plaints de nausées et de malaises au cours de ce travail, ainsi qu'un certain degré d'irritation des voies respiratoires supérieures.

Les mêmes faits ont été observés en Allemagne et l'on pense que ce métal doit jouer un rôle sérieux en pathologie professionnelle.

On ne connaît pas de toxicité particulière aux poussières de *nickel*.

Les poussières de *vanadium* provoquent une irritation intense des conjonctives, un catarrhe des muqueuses nasales et pharyngées.

Les troubles respiratoires, irritatifs, peuvent aller jusqu'à la pneumonie chimique et même devenir chroniques avec toux et dyspnée. L'emphysème serait fréquent. Il y a eu quelques cas de dermites de type allergique.

L'étain est considéré comme non toxique, mais l'inhalation très prolongée d'oxyde d'étain provoque une pneumoconiose: la stannose.

Le plomb est le métal le plus dangereux en fonderie d'alliages non ferreux. Il provoque le classique saturnisme, sous sa forme chronique: coliques de plomb; paralysies saturnines et enfin néphrite et hypertension artérielle permanente associée à une anémie croissante et une altération progressive de l'état général.

L'aluminium n'est pas toxique. Mais les poussières d'aluminium peuvent être responsables d'explosions dans les collecteurs de poussières.

Le zinc n'est pas toxique (sauf à l'état de vapeur d'oxyde de zinc, auquel cas il provoque la fièvre des fondeurs).

Le béryllium est très toxique. provoque des dermatoses sévères, des pneumopathies aiguës, parfois mortelles. Mais ne laissant pas de séquelles lorsque guérison il y a. Des pneumopathies chroniques d'évolution lente mais implacable: entraînant la mort par asphyxie.

Le magnésium n'est pas toxique mais inflammable.

Pour certains métaux: le silicium, le niobium, nous n'avons pu trouver aucune documentation. Faut-il en conclure qu'ils sont dépourvus de toxicité? Devons-nous penser au contraire que leur utilisation étant assez récente, la pathologie dont ils peuvent éventuellement être responsables n'est pas encore connue?

LOMBARD, dans le *Bulletin de l'Académie nationale de Médecine* (séance du 7 juillet 1964), émet l'hypothèse que les poussières métalliques pourraient être à l'origine de cancers pulmonaires.

D. LES POUSSIÈRES MIXTES.

Bien souvent, en effet, l'atmosphère est souillée, non par une sorte de poussière, mais par des mélanges. Nous avons déjà vu le cas de l'association silice-carbone, à l'origine de silico-anthraxose. De même, il peut y avoir association de sidérose et silicose lorsque les poussières sont de la silice et du fer.

En fait, cette énumération reste théorique; dans l'atelier où nous avons fait notre étude, aucune maladie professionnelle n'a jamais été constatée. Mais de nombreux ouvriers sont, à un degré variable, des insuffisants respiratoires. Cependant ce sont pour la plupart des ruraux, souvent exposés aux intempéries et aux poussières végétales. Il paraît donc bien difficile d'incriminer uniquement

l'atmosphère où ils travaillent. Et de toutes les maladies qui peuvent être provoquées par les poussières de fonderie, la plus classique, la plus fréquente, reste la silicose. Et nous avons eu des difficultés à obtenir trois observations. C'est dire sa rareté. Mais peut-être est-elle devenue rare seulement depuis qu'on la connaît bien, depuis que le risque est mis en évidence et que l'on sait prendre des mesures pour échapper à ce risque. Les métaux, eux, ne semblent pas représenter un danger majeur, et c'est pour cela sans doute que peu de recherches ont été entreprises en ce sens. Seuls le plomb et le béryllium ont une toxicité certaine. Cependant, il n'est pas impossible que l'on voit apparaître ultérieurement une pathologie nouvelle qui serait due aux métaux, soit à longue échéance, soit que des techniques nouvelles modifient leur toxicité, par la nature même du métal qui serait différent, par la taille ou le nombre de particules, etc.

Pour éviter ce fait, nous pensons qu'il est indispensable de lutter contre la pollution de l'air des ateliers. Tout doit être mis en œuvre pour que le nombre de poussières en suspension soit aussi faible que possible. Les effets immédiats seront d'ailleurs évidents: l'ouvrier travaillera dans des conditions favorables, nous dirons avec un certain confort. Et c'est pour cela qu'il est nécessaire de faire une prévention efficace.

CHAPITRE III

PRÉVENTION ET RÔLE DU MÉDECIN DU TRAVAIL

Le problème de la prévention doit être envisagé sous son triple aspect: prévention technique, médicale et médicamenteuse. Elle vise avant tout la prévention de la silicose qui est la maladie professionnelle la plus importante tant par sa fréquence que par sa gravité. Elle s'adresse à tout le personnel exposé de façon habituelle à l'inhalation de poussières de silice. Il ne s'agit pas seulement des ouvriers qui exécutent des travaux à l'origine d'émission de poussières siliceuses, mais aussi de ceux qui se trouvent dans les locaux où ils sont effectués lorsque les poussières sont susceptibles de se répandre. Et l'on sait que les particules de poussière peuvent se propager très loin.

Il est interdit d'employer des femmes et des enfants de moins de dix-huit ans aux travaux exposant à ces poussières de silice libre. Il est aussi interdit d'employer un travailleur ayant bénéficié d'une indemnité de changement d'emploi ou bien d'une rente prévue par les textes sur la réparation de la silicose.

A. LA PRÉVENTION TECHNIQUE.

La prévention technique a pour objet de réduire le risque, donc d'assainir l'atmosphère. Il s'agit là de prévention technique collective. Mais lorsqu'elle est insuffisante, il est nécessaire de donner à l'ouvrier particulièrement exposé un moyen de prévention individuelle.

LA PRÉVENTION TECHNIQUE COLLECTIVE va, dans la mesure du possible, tendre à éliminer le toxique: c'est-à-dire SiO_2 . Nous avons

vu que ces poussières siliceuses provenaient des sables de moulage, des meules et du sable autrefois utilisé pour le sablage-grenailage.

- Nous n'envisagerons pas ce dernier point de sablage-grenailage, puisque c'est un problème résolu. En effet, les mesures de prévention sont simples et appliquées d'une façon générale: le jet de sable fin a été remplacé par un jet de grenaille métallique.

- Le problème des meules est lui aussi pratiquement résolu: autrefois, elles étaient en grès et répandaient une abondante et fine poussière. On leur a substitué des meules en corindon, dépourvues de toxicité.

- Nous allons nous attarder beaucoup plus sur la question des sables de moulage, car les difficultés auxquelles on se heurte restent encore très grandes.

Il s'agit le plus souvent des sables argileux naturels, c'est-à-dire grossièrement: des grains de quartz liés par une argile. Les grains de sable ne deviennent nocifs qu'aux postes de finition, car ils ont subi une transformation due à la coulée et sont pulvérisés par le meulage. L'argile au contraire est dangereuse dès la sablerie, puisque renfermant de la silice libre.

Le premier moyen à mettre en œuvre pour supprimer le risque de silicose serait certainement de supprimer la silice libre: pour ce qui est des travaux avant la coulée (sablerie, moulage, etc.), on a la possibilité, et cela se pratique assez couramment, d'utiliser des sables synthétiques, c'est-à-dire dans lesquels le liant n'est plus une argile mais, soit du ciment, soit une argile de type colloïdal, non silicogène.

Cependant, nous avons vu que le risque majeur était aux postes de finition, lorsque les grains de sable sont écrasés par la meule, grains qui ont été portés à très haute température, donc transformés en tridymite et en cristobalite très nocives. Donc, aux postes de finition, le danger reste identique, même avec les sables synthétiques.

Mais deux catégories de sable, parfaitement utilisables du point de vue technique, ont l'avantage de ne pas avoir d'effets nocifs. C'est d'abord le sable à l'olivine, qui n'a aucune toxicité, comme permettent de conclure l'expérimentation sur l'animal et l'observation de sujets exposés aux poussières d'olivine. Elle ne subirait aucune modification au cours du chauffage, restant à l'état d'ortho-

silicate de magnésium. C'est, d'autre part, le sable au zircon qui est un silicate de zirconium. A haute température, il donne un peu de silice, mais il est beaucoup moins dangereux que la silice pure.

En conséquence, il nous semble souhaitable, du point de vue prophylaxie de la silicose, que l'utilisation de sables à l'olivine et de sables au zircon remplace celle des sables habituellement utilisés. Mais, en ce qui concerne les sables à l'olivine, c'est soulever un énorme problème économique à notre pays, car si les sables siliceux y sont très abondants, il n'en est pas de même pour les sables à l'olivine qui pratiquement sont l'apanage des pays scandinaves. Et en fait ces sables ne sont pas utilisés. Les sables au zircon, par contre, sont assez employés malgré un prix de revient élevé, car ils ont des qualités techniques remarquables. Nous les avons vus utiliser en particulier pour les noyaux. Cependant les sables argileux naturels ou synthétiques restent de très loin les plus employés.

Il est évident que, pour supprimer le risque de silicose, la solution parfaite serait de... supprimer la silice. En réalité, nous n'en sommes pas encore là; la fonderie continue à être ce qu'elle est depuis toujours: on fait des moules de SABLE, on y coule le métal en fusion, on sépare moule et pièce métallique après refroidissement. Le SABLE reste donc à la base du procédé, et qui dit SABLE dit SILICE.

Ainsi il est nécessaire d'empêcher que cette silice ne se répande en fines particules dans l'atmosphère, et ce sera là l'objectif essentiel finalement de la prévention technique collective. Les moyens mis en œuvre seront différents selon les postes considérés :

A la sablerie et lors des transports, il est souhaitable que les sables, argileux surtout, soient humides car, à l'état sec, les fines poussières de l'élément argileux se répandent.

Pour la préparation et les mélanges de sable, il est souhaitable de capoter le plus possible les machines.

Au moulage, on peut dire que le danger est inexistant du fait de l'humidité.

Le décochage devrait être réalisé dans un local séparé extrêmement ventilé: vingt à trente renouvellements complets à l'heure sont souhaitables. Mais lorsque cela est impossible, il faut installer

des systèmes de captation. Parfois, on peut effectuer d'abondants arrosages à l'eau, mais uniquement lorsqu'il s'agit de moulages refroidis.

SYSTÈMES DE CAPTATION POSSIBLES :

— L'encoffrement hermétique est la solution idéale lorsque le décochage est réalisé avec des grilles vibrantes.

— Aux grilles vibrantes, on peut aussi adapter une aspiration latérale: les grosses particules tombent par gravité sous la grille. Les plus fines sont captées.

— L'aspiration par-dessous est possible mais moins efficace à cause des mouvements ascendants des gaz chauds.

— L'aspiration par le haut, au moyen d'une hotte supérieure, est efficace contre la pollution de l'atmosphère générale, mais ne protège pas les ouvriers affectés au décochage.

Mais nous avons vu que les postes de finition étaient les plus difficiles à "équiper" d'une protection efficace: les poussières produites sont nombreuses, très fines, toxiques en un mot. Puisque empêcher leur formation est impossible, il est nécessaire de les aspirer dès leur formation :

Le dessablage devrait être effectué à l'intérieur d'une cabine isolée, l'ouvrier étant en dehors de cette cabine. Il existe même des "machines à nettoyer". Ce sont des cabines fermées dans lesquelles le nettoyage se fait de façon automatique.

Mais il est parfois difficile sinon impossible d'envisager une telle installation.

Une autre solution est possible et même indispensable: c'est la cabine de dessablage; l'ouvrier travaille au jet libre à l'intérieur d'une cabine complètement fermée. Une aspiration est nécessaire; une dépression est ainsi maintenue dans la cabine pour qu'aucune poussière ne puisse s'échapper. L'ouvrier est évidemment dans une atmosphère de poussières siliceuses et il doit constamment utiliser un dispositif de protection individuelle. Nous y reviendrons plus tard.

(Le nettoyage peut être fait dans des tonneaux dessableurs fermés avec aspiration de la poussière produite, mais cela n'est valable que pour certaines pièces de petite dimension.)

Au meulage, une aspiration est nécessaire. Assez facile à installer lorsqu'il s'agit de meules fixes, il n'en est pas de même pour les meules dites "flexibles". Ce sont de petites meules que l'ouvrier

déplace par rapport à la pièce à meuler. La solution idéale serait certainement d'effectuer ce travail dans des cabines fermées (avec une paroi transparente), dans lesquelles deux orifices permettent de passer les bras sans nuire à l'étanchéité de la cabine.

Nous avons vu utiliser à titre expérimental une soufflerie d'air sous forte pression : évidemment l'ouvrier lui-même respire beaucoup moins de poussières, mais celles-ci sont répandues dans l'atmosphère et nuisent à l'ambiance générale. Ce n'est donc qu'un pis-aller. Cependant, c'est mieux que l'absence totale de dispositif de protection. L'aspiration par une hotte au-dessus de l'ouvrier est une solution très valable.

Il va sans dire que tous les dispositifs d'aspiration doivent répondre à des normes techniques précises pour être efficaces : quantité d'air aspiré, vitesse, diamètre des raccords, etc. Cela dépasse le cadre de notre sujet, mais remarquons un point qui a son importance, qui est constant, et nous avons pu le constater, trop souvent négligé par les premiers intéressés, c'est-à-dire les ouvriers : c'est la nécessité d'un nettoyage périodique des dispositifs destinés à aspirer ou recevoir les poussières.

Nous noterons aussi que les difficultés rencontrées pour faire une installation de dépoussiérage, lorsque l'installation strictement productrice existe déjà, nous permettent de conclure à la nécessité de coupler l'installation de dépoussiérage et l'installation productrice. C'est à la fois plus simple, plus efficace et moins coûteux, ce qui n'est pas à négliger.

L'ambiance générale, bien sûr, bénéficie des différentes installations énumérées. Mais de plus, une ventilation, un renouvellement fréquent de l'air s'imposent : aspirateurs sous la charpente, arrivée d'air frais (fenêtres, etc.). Et il faut éviter toutes les causes qui tendent à remettre en suspension des particules qui s'étaient déposées : mouvements de personnes, de machines, courants d'air. Propreté et ordre sont nécessaires. Le nettoyage doit être organisé. Tout cela contribue, bien sûr, à prévenir les pneumoconioses, mais aussi à créer un climat psychologique confortable.

Mais nous avons vu que certains postes restent à l'origine de poussières nocives et une PRÉVENTION INDIVIDUELLE est ici nécessaire :

- Il existe des masques filtrants qui, sans être d'une efficacité absolue, présentent cependant un intérêt certain : légers, robustes

et faciles à nettoyer. Il paraît souhaitable de les voir adopter aux postes de meulage lorsque ceux-ci ne peuvent être autrement protégés.

- Le masque à air frais donne une sécurité absolue même dans des conditions difficiles. il est absolument indispensable dans la cabine de dessablage. Une remarque qui paraît évidente mais qui n'a pas été toujours prise en considération : l'air frais apporté à l'ouvrier doit provenir de l'extérieur et à distance de l'évacuation de l'air empoussiéré !

B. LA PRÉVENTION BIOCHIMIQUE.

Une prévention biochimique a été expérimentée.

Deux auteurs américains, partant du principe que *in vitro* la silice est soluble dans l'alumine, ont proposé que soient faits des hydrosols d'alumine avant l'exposition aux poussières siliceuses. Mais il s'est avéré que ce qui était vrai *in vitro* ne l'était pas *in vivo*. Les mécanismes d'épuration pulmonaire ont été rapidement dépassés. Le résultat a été néfaste avec complication tuberculeuse. Donc cette méthode a dû être abandonnée.

C. LA PRÉVENTION MÉDICALE.

La prévention médicale est indispensable puisque la prévention technique ne suffit pas à supprimer le risque.

Elle sera assurée par le médecin du travail qui doit "légalement" consacrer au personnel exposé une heure par mois pour dix salariés. Aucun travailleur ne pourra être affecté à ces travaux sans *attestation* médicale estimant qu'il est apte à les accomplir. Cette attestation doit être renouvelée tous les ans; elle pourra revêtir l'une des formes suivantes :

- aptitude sans réserve;
- aptitude sous surveillance médicale;
- inaptitude au travail, temporaire ou définitive.

Elle est la conclusion d'un examen qui doit comporter un examen clinique complet et un examen du thorax par radiographie ou radiophotographie; le matériel de radiologie doit répondre à des normes précises.

Un dossier médical doit être tenu pour chaque travailleur; et un registre spécial mentionne pour chacun les dates et durées d'absences au moins égales à dix jours pour cause de maladie; les

dates des certificats présentés et le nom du médecin traitant; les attestations périodiques obligatoires; les dates des radiographies pratiquées. On recommande d'être particulièrement sévère lors de la *visite d'embauchage* (il ne faut reconnaître aptes que des travailleurs présentant l'intégrité de leur appareil respiratoire et cardiovasculaire). En effet, l'examen médical d'admission a pour but d'éliminer les prédisposés.

Les examens médicaux périodiques ont pour but de dépister la silicose en se fondant sur les signes cliniques, les signes fonctionnels et radiologiques.

Nous venons de voir toutes les méthodes mises en œuvre pour empêcher l'apparition de silicose. Or, nous n'avons pas considéré le problème des poussières métalliques. Mais est-ce vraiment un problème ? Dans certains cas particuliers, des mesures précises sont à prendre; il s'agit surtout du plomb et du béryllium.

La prévention technique va encore s'efforcer de réduire la quantité de poussières, la prévention médicale de ne pas exposer de sujets prédisposés et de dépister éventuellement des manifestations pathologiques. Mais pour les autres métaux dont la toxicité réelle n'est pas démontrée, nous nous contenterons des mesures déjà vues: en effet, tous les dispositifs qui tendent à diminuer le nombre de poussières siliceuses ont pour effet de réduire aussi les particules métalliques. Donc, nous n'y reviendrons pas.

Par ailleurs, il ne semble pas nécessaire de s'étendre sur les conditions d'hygiène à obtenir dans les ateliers de fonderie, ces conditions étant celles que l'on doit trouver dans tout atelier.

CONCLUSIONS

Que conclure à la fin de cette étude ?

Il existe véritablement à la fonderie un problème de poussières. Ce problème a été entièrement résolu, semble-t-il, au niveau des postes de production, mais d'une façon beaucoup plus lâche au niveau des postes de finition, ainsi que le montrent nos constatations personnelles dans l'atelier considéré.

On se heurte à des difficultés dont il ne faut pas méconnaître l'importance: inefficacité des dispositifs vendus avec l'appareil et extrêmement difficiles à modifier. Absence même de dispositifs sur certaines autres machines et très difficiles à rapporter ensuite. (C'est le cas, par exemple, des meules flexibles.) Coût toujours très élevé de ces dispositifs rapportés et modifiés, d'où le vœu que soit appliquée la loi qui prévoit l'existence de dispositifs efficaces de protection.

Quelle est l'acuité de ce problème actuellement ? Il semble, compte tenu des quelques statistiques que nous avons pu obtenir, que ce problème est à l'heure actuelle d'une acuité modérée, le nombre de silicoses dues en France aux poussières de fonderie semblant très faible. Mais ceci ne devrait pas faire abandonner ce problème, car nous avons vu par nous-même que des progrès restent à faire. D'ailleurs reste entière la question des poussières en dehors du risque silicotique, en particulier dans les insuffisances respiratoires qu'il est classique de retrouver chez les ouvriers d'usine.

Dans cette lutte, primordial est le rôle du médecin du travail; rôle de promoteur, parce que, quelle que soit la bonne volonté des cadres de production, de multiples problèmes se posent à eux, et celui-ci pourrait leur échapper ou leur paraître relativement secondaire.

CONCLUSIONS GÉNÉRALES

L'ASPECT TECHNIQUE :

Nous permet de voir d'abord en quoi consiste le travail de fonderie: quels sont les matériaux utilisés et les opérations effectuées.

Ensuite est abordé le problème des poussières. L'organe le plus susceptible d'être atteint par l'action nocive des poussières est le poumon. Deux facteurs interviennent dans la nocivité des poussières: Leur dimension, qui conditionne la pénétration jusqu'aux alvéoles pulmonaires. Leur nature même. Et c'est en particulier la silice, responsable de silicose.

La question des poussières métalliques est envisagée. L'origine des poussières est étudiée: Pour les poussières siliceuses, elles proviennent pour la plupart des sables de moulage et sont libérées dans l'atmosphère aux postes de finition. Les poussières métalliques se produisent aussi aux postes de finition.

Le risque dû à ces poussières est étudié, chiffré: les appareils de mesure qui permettent de connaître la quantité et la qualité des poussières sont énumérés et rapidement décrits dans leur principe. Une courbe est tracée, qui permet de définir différents stades de danger — en fonction justement de la quantité et de la nature des poussières.

Les résultats obtenus dans différentes fonderies sont énoncés et discutés par rapport à la courbe précédemment définie.

La même chose a été faite avec les chiffres trouvés dans une fonderie d'aciers spéciaux.

Tout cela permet de conclure qu'il est indispensable d'appliquer des mesures de prévention.

L'ASPECT MÉDICAL :

Décrit rapidement la silicose et rapporte trois observations cliniques, ainsi que quelques statistiques.

Ensuite, la pathologie due aux différentes poussières métalliques est signalée.

DES MESURES DE PRÉVENTION :

Sont exposées :

- La prévention technique, collective et individuelle, a une importance capitale.
- La prévention biochimique est abandonnée.
- La prévention médicale reste nécessaire, car la prévention technique diminue le risque mais ne l'élimine pas.

Le 14 janvier 1965 :
Le Président de Thèse,
G. PETIT.

Le 15 janvier 1965 :
Le Doyen,
R. CUVELIER.

N° 3/65. — Clermont-Ferrand, 18 janvier 1965.

VU ET PERMIS D'IMPRIMER :

Le Recteur,
E. LAPALUS.

BIBLIOGRAPHIE

1. CATILINA (P.). — La pneumoconiose des maçons de fours industriels. Thèse, Clermont, 1962.
2. Causes de contamination de l'atmosphère en fonderie. Recommandations américaines (*American Foundryman*, oct. 1953, 8, 54-60).
3. Communauté européenne du charbon et de l'acier. Etudes de physiologie et de pathologie du travail.
4. DESOILLE, BROUET, ASSOULY, LIOT, BECHTEL. — Fibrose pulmonaire diffuse chez un sujet exposé aux poussières de cobalt et de carbure de tungstène. *Archives des maladies professionnelles de médecine du travail et de S. S.*, n° 9, septembre 1962.
5. *Engineering manual for control of in plant environments in foundries.* A.F.S., 1956.
6. GALY (P.), MINETTE (A.), PERRIN (L.-F.), ROCHE (L.), TOURNAIRE (R.-G.). — A propos de condensations chroniques atypiques chez des sujets exposés au risque silicotique. Le rôle de l'infection dans leur genèse. *Semaine des Hôpitaux de Paris*, 10 mars 1956, 841-851.
7. Health. Studies of shell molding. *Foundry*, n° 164, mars 1961.
8. HEUER (W.). — Lungenfibrosen unter Hartmetall productionsarbeitern. *Int. Archiv. für Gewerbehygiene und Gewerbepathologie*, 1962, 19, n° 6.
9. HUEPER (W.-C.). — Experimental studies in metal cancerogenesis. *Arch. Indust. Health*, 18, 1958.
10. I.N.S. : DIEGO Andreoni. — La prévention technique de la silicose.
11. I.N.S. — Recueil de textes réglementaires: Prévention de la silicose, 1963.
12. LETORT (Y.). — *Produits réfractaires et isolants*. Edit. Berger-Levrault, Paris, 1953.
13. MULHRAD (W.). — Le problème de dépoussiérage et de ventilation dans l'industrie de la fonderie. *Fonderie*, novembre 1951, 2671-2684.

14. NICOLAS (P.), MARTIN (M.). — Etude de la teneur en silice libre des poussières rencontrées dans les différents postes de travail en fonderie.
 15. NICOLAS (P.). — Quelques résultats relatifs à une première enquête sur l'empoussiérage en fonderie. *Fonderie*, mai 1954, 3937-3946.
 16. REGNAULT (J.). — Amélioration de l'ambiance dans le travail en fonderie. *Fonderie*, décembre 1954, 4262-4271.
 17. RENARD (J.), PUVINEL (B.), BERTRAND (Y.) ET CHEMINAT (J.-C.). — La silicose par terre de diatomées. *Clermont Médical*, mai-décembre 1960.
 18. SCHMIDT (Pr.) (Allemagne). — *La lutte contre les poussières dans l'industrie de la fonderie*. Syndicat général des Fondateurs de France, 1959, 1 vol. (traduit de l'allemand).
 19. SIMONIN (Pr.). — *Précis de Médecine du Travail*. Librairie Maloine, Paris, 1961.
 20. SROKA (K.-H.). — Zur Beeinflussung der Gesundheit durch Titan (action du titane sur la santé). *Deutsche Medizinisches Journal*, 4, n° 9, 20, 1953.
 21. STENVIK (J.-K.). — The properties of olivine and its uses for refractories and moulding sands. *The Journal of the iron and steel institute*, mai 1952.
 22. UYENHOEF (Belgique). — Contribution à l'étude du risque de silicose dans les fonderies. *Archives des maladies professionnelles de Médecine du Travail et de Sécurité sociale*, tome 13, 1952.
-

